

**ESKİŞEHİR ZEMİNİ İÇİN KAYMA DALGASI HIZI (V_s)
İLE STANDART PENETRASYON (SPT) SAYISI
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN MODELLENMESİ**

Ebru AKDENİZ
Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Bölümü
Kasım, 2012

**Bu tez çalışması Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir. Proje No: 080240**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Ebru Akdeniz’ in “Eskişehir Zemini İçin Kayma Dalgası Hızı (Vs) ile Standart Penetrasyon (SPT) Sayısı Arasındaki İlişkinin Modellenmesi” başlıklı **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 06.08.2012 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Prof. Dr. Yücel GÜNEY	
Üye	Prof. Dr. Ahmet TUNCAN	
Üye	Yard. Doç. Dr. Emrah PEKKAN	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ESKİŞEHİR ZEMİNİ İÇİN KAYMA DALGASI HIZI (V_s) İLE STANDART PENETRASYON (SPT) SAYISI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN MODELLENMESİ

Ebru AKDENİZ

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yücel GÜNEY
2012, 187 sayfa

Dinamik yükler altında yapılarda hasara neden olan en önemli parametrelerden biri yerel zemin özellikleridir. Yerel zemin özelliklerinin farklılık göstermesi, oluşan deprem sırasında zeminde, büyütme, taşıma gücü kaybı, sıvılaşma, oturma gibi zemin problemlerinden kaynaklanan hasarlara neden olmaktadır. Zeminde büyütme probleminin olup olmadığının belirlenmesi çalışmalarına öncülük eden parametre zeminin kayma dalgası hızı (V_s) değeridir. Zeminin kayma dalgası hızı değeri arazide sismik kırılma ve kuyu içi sismiği gibi büyük iş gücü gerektiren, zaman alıcı ve maliyetli deneyler yapılarak belirlenebilmektedir. Bu nedenle literatürde Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)’nden elde edilen N darbe sayısına bağlı olarak çeşitli bilim adamları tarafından önerilen ampirik formüller yer almaktadır.

Bu tez çalışmasında literatürde tüm zeminler için SPT-N’e bağlı verilmiş olan tüm ampirik yaklaşımlar, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve İstatistiksel analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda literatürde SPT-N’e bağlı verilmiş olan ampirik yaklaşımlardan Eskişehir zeminini için en uygun olanı belirlenmiştir. Çalışmanın devamında Eskişehir’de 23 ayrı noktada sismik kırılma yöntemi ile belirlenen gerçek V_s değerleri, bu değerlerin koordinatları ve o noktadaki sondajlardan elde edilen SPT-N sayısı değerleri Yapay Sinir Ağları (YSA)’nda eğitilerek 0-10 m ve 10-30 m ve 0-30 m derinlik için modeller oluşturulmuştur. Günümüzde yapılan araştırmalar zeminin 30 m içindeki kayma dalgası hızının belirlenerek, zeminin büyütme analizinin yapılmasını önermektedir. Tez çalışması kapsamında oluşturulan bu modeller kullanılarak özellikle 0-30 m derinlik için konuma ve SPT-N sayısına bağlı %94 doğrulukla V_s tahmini değerleri elde edilebilmektedir. Bu tez çalışması Eskişehir ili için afet zararlarının azaltılması ve güvenli yerleşim alanlarının belirlenmesi çalışmalarına öncülük etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Zemin Büyütmesi, Kayma Dalgası Hızı, YSA, CBS

ABSTRACT

Master of Science Thesis

**MODELLING OF THE RELATIONSHIP BETWEEN
SHEAR WAVE VELOCITY (V_s) AND NUMBER OF STANDARD
PENETRATION (SPT) FOR ESKİŞEHİR SOIL
Ebru AKDENİZ**

**Anadolu University
Graduate School of Sciences
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Yücel GÜNEY
2012, 187 pages**

Local ground properties are one of the important parameters that cause damage at structures under dynamic loads. During a resultant earthquake, showing differences of local ground properties cause damages that arise from ground problems such as amplification, loss carrying capacity, liquefaction, subsidence at the ground. Parameter which leads determining study of checking of amplification problem at ground is shear wave velocity of ground (V_s). Shear wave velocity of ground value is determined by making required big workforce, time consuming and costly experiments such as seismic refraction and down hole seismic at field. Therefore empirical formulas that were proposed depending on N blow count which was obtained from standard penetration test (SPT) by different scientist appear at literature.

In this thesis study, all empirical approaches which were proposed depending on SPT-N for all ground at literature was evaluated with Geographic Information System (GIS) and Statistical Analysis methods. . At the end of this evaluation, the most suitable empirical approach for the Eskişehir ground was determined from empirical approaches that were given depending on SPT-N at literature. Continuation of the study, by training determined real V_s values with seismic refraction method at 23 different points in Eskişehir, coordinates of these values and obtained SPT-N count values from borehole at that point at artificial neural networks, models were generated for 0-10 meter, 10-30 meter and 0-30 meter. Present studies are proposed to make amplification analysis of ground by determined of shear wave velocity in 30 meter in ground. By using these models that were generated within the scope of this thesis study, especially for the 0-30 meter depth, V_s predicted values can be obtained with %94 accurately depending on location and number of SPT-N. This thesis study is lead to reduction of disaster damages and determining of safe settlement area for Eskişehir city.

Keywords: Soil Amplification, Shear Wave Velocity, YSA, GIS.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamda, değerli zamanını ayırarak danışmanlığımı üstlenip, ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Yücel GÜNEY hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam esnasında Yapay Sinir Ağları konusundaki çalışmalarına yaptıkları katkılardan dolayı Sayın Doç. Dr. Yusuf OYSAL hocama ve Araş. Gör. Sevcan YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın tüm aşamalarında karşılaştığım sorunları her an danışabildiğim hocalarım Prof. Dr. Alper ÇABUK, Yrd. Doç. Dr. Emrah PEKKAN, Yrd. Doç. Dr. Uğur AVDAN ve Araş. Gör. Muammer TÜN' e teşekkür ederim. Bu zamana kadar her konuda desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Araş. Gör. Resul ÇÖMERT, Araş. Gör. Merve ERSOY, Hidrojeoloji Müh. Serkan KAHRAMAN'a ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanı Sunay MUTLU' ya teşekkür ederim.

Bu zorlu yolda her zaman yanımda olan canım aileme sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Ebru AKDENİZ

Kasım-2012

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi

1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	6
3. KURAMSAL TEMELLER	11
3.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)	12
3.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemi Bileşenleri	13
3.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışma Yöntemi	15
3.1.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanım Alanları	17
3.1.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde Geoistatistiksel Analizler	19
3.2. SPSS Uygulaması ile İstatistiksel Analiz	23
3.3. Yapay Sinir Ağları.....	24
4. ÇALIŞMA ALANI GENEL ÖZELLİKLERİ	25
4.1. Çalışma Alanının Jeolojik Özellikleri	26
4.2. Çalışma Alanının Hidrojeolojik Özellikleri	30
4.3. Çalışma Alanının Depremselliği ve Tektonik Durumu	31
4.4. Çalışma Alanını Zemininin Geo-Mühendislik Özellikleri	33
4.4.1. Zeminlerin Yayılımı	33
5. MATERYAL ve YÖNTEM	35

5. 1. Materyal	35
5.2. Yöntem.....	37
5.2.1. Literatürde SPT-N'e Bağlı Vs Hesabı Önerilen Ampirik Yaklaşımların CBS Kullanılarak Değerlendirilmesi	37
5.2.2. SPSS Analizi	38
5.2.3. Yapay Sinir Ağları Yöntemi	39
6.ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLARI	40
6.1. SPT-N'e Bağlı Hesaplanan Vs Değerlerinin CBS Teknikleri ile Haritalanması	40
6.1.1. Kanai Yöntemi	40
6.1.2. Imai ve Yoshimura Yöntemi (1970)	47
6.1.3. Ohba ve Toriumi Yöntemi (1970).....	54
6.1.4. Fujiwara Yöntemi (1972)	61
6.1.5. Ohsaki ve Iwasaki Yöntemi (1973).....	68
6.1.6. İmai vd. (1975) Yöntemi	75
6.1.7. İmai Yöntemi (1977)	82
6.1.8. Ohta ve Goto Yöntemi (1978)	89
6.1.9. Seed ve Idriss Yöntemi (1981).....	96
6.1.10. Jinan Yöntemi (1987)	103
6.1.11. Athanasopoulos Yöntemi.....	110
6.1.12. Şişman Yöntemi (1995).....	117
6.1.13. İyisan Yöntemi (1996).....	124
6.1.14. Jafari vd. Yöntemi (1997).....	131
6.1.15. Kiku vd. Yöntemi (2001).....	138
6.1.16. Hasancebeci ve Ulusay Yöntemi.....	145
6.1. 17. Dikmen Yöntemi:	152
6.2. SPSS Analiz Sonuçları	159
6.3. Yapay Sinir Ağları Yöntemi	160
7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	168
8. KAYNAKLAR	171

EK 1. Tüm Ampirik Yaklaşımların SPSS Analiz Sonuçları.....	179
--	-----

ŞEKİLLER DİZİNİ

1.1. 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi, İzmit.....	1
3.1. Geoteknik mühendisliğinde kullanılan olası Coğrafi Bilgi Sistemleri haritası	12
3.2. CBS'nin temel bileşenleri	13
3.3. Yapay Sinir Ağlarının yapısı	25
4.1. Çalışma Alanı lokasyon haritası	26
4.2. Eskişehir Jeoloji Haritası.....	27
4.3. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası.....	32
4.4. Eskişehir ve Çevresinin Tektonik Haritası.....	32
5.1. Çalışma Alanı Sondaj Lokasyon Haritası	36
5.2. Çalışma Alanı Sismik Hat Lokasyon Haritası	36
5.3. Çalışmada Kullanılan Yapay Sinir Ağları Modeli.....	39
6.1. 0-10 m derinlik için Kanai (1966) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	41
6.2. 0-10 m derinlik için Kanai (1966) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	42
6.3. 10-30 m derinlik için Kanai (1966) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	43
6.4. 10-30 m derinlik için Kanai (1966) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	44
6.5. 0-30 m derinlik için Kanai (1966) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	45
6.6. 0-30 m derinlik için Kanai (1966) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	46
6.7. 0-10 m derinlik için Imai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	48
6.8. 0-10 m derinlik için Imai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	49
6.9. 10-30 m derinlik için Imai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	50

6.10. 10-30 m derinlik için Imai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	51
6.11. 0-30 m derinlik için Imai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	52
6.12. 0-30 m derinlik için Imai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	53
6.13. 0-10 m derinlik için Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	55
6.14. 0-10 m derinlik için Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	56
6.15. 10-30 m derinlik için Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	57
6.16. 10-30 m derinlik için Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	58
6.17. 0-30 m derinlik için Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	59
6.18. 0-30 m derinlik için Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	60
6.19. 0-10 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	62
6.20. 0-10 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	63
6.21. 10-30 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	64
6.22. 10-30 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	65
6.23. 0-30 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	66
6.24. 0-30 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	67
6.25. 0-10 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	69

6.26. 0-10 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	70
6.27. 10-30 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	71
6.28. 10-30 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	72
6.29. 0-30 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	73
6.30. 0-30 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	74
6.31. 0-10 m derinlik için Imai vd. (1975) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	76
6.32. 0-10 m derinlik için Imai vd. (1975) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	77
6.33. 10-30 m derinlik için Imai vd. (1975) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	78
6.34. 10-30 m derinlik için Imai vd. (1975) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	79
6.35. 0-30 m derinlik için Imai vd. (1975) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	80
6.36. 0-30 m derinlik için Imai vd. (1975) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	81
6.37. 0-10 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	83
6.38. 0-10 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	84
6.39. 10-30 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	85
6.40. 10-30 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	86
6.41. 0-30 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	87

6.42. 0-30 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	88
6.43. 0-10 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	90
6.44. 0-10 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	91
6.45. 10-30 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	92
6.46. 10-30 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	93
6.47. 0-30 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	94
6.48. 0-30 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	95
6.49. 0-10 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	97
6.50. 0-10 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	98
6.51. 10-30 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	99
6.52. 10-30 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	100
6.53. 0-30 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	101
6.54. 0-30 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	102
6.55. 0-10 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	104
6.56. 0-10 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	105
6.57. 10-30 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	106

6.58. 10-30 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	107
6.59. 0-30 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	108
6.60. 0-30 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	109
6.61. 0-10 m derinlik için Athanasopoulus yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	111
6.62. 0-10 m derinlik için Athanasopoulus yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	112
6.63. 10-30 m derinlik için Athanasopoulus yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	113
6.64. 10-30 m derinlik için Athanasopoulus yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	114
6.65. 0-30 m derinlik için Athanasopoulus yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	115
6.66. 0-30 m derinlik için Athanasopoulus yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	116
6.67. 0-10 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	118
6.68. 0-10 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	119
6.69. 10-30 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	120
6.70. 10-30 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	121
6.71. 0-30 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	122
6.72. 0-30 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	123
6.73. 0-10 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	125

6.74. 0-10 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	126
6.75. 10-30 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	127
6.76 10-30 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	128
6.77. 0-30 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	129
6.78. 0-30 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	130
6.79. 0-10 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	132
6.80. 0-10 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	133
6.81. 10-30 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	134
6.82. 10-30 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	135
6.83. 0-30 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	136
6.84. 0-30 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	137
6.85. 0-10 m derinlik için Kiku (2001) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	139
6.86. 0-10 m derinlik için Kiku (2001) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	140
6.87. 10-30 m derinlik için Kiku (2001) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	141
6.88. 10-30 m derinlik için Kiku (2001) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	142
6.89. 0-30 m derinlik için Kiku (2001) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası.....	143

6.90. 0-30 m derinlik için Kiku (2001) yaklaşımı ile Kriging yöntemi	
kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası	144
6.91. 0-10 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Mesafenin	
Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	146
6.92. 0-10 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Kriging	
yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	147
6.93. 10-30 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Mesafenin	
Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	148
6.94. 10-30 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Kriging	
yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	149
6.95. 0-30 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Mesafenin	
Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	150
6.96. 0-30 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Kriging	
yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası.....	151
6.97. 0-10 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi	
kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	153
6.98. 0-10 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Kriging yöntemi	
kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	154
6.99. 10-30 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi	
kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	155
6.100. 10-30 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Kriging yöntemi	
kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	156
6.101. 0-30 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Mesafenin Tersî yöntemi	
kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	157
6.102. 0-30 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Kriging yöntemi	
kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası	158
6.103. 0-10 m derinlikteki zemin için Yapay Sinir Ağları yöntemi	
sonucunda bulunan regresyon analiz sonuçları.....	1611
6.104. 10-30 m derinlikteki zemin için Yapay Sinir Ağları yöntemi	
sonucunda bulunan regresyon analiz sonuçları.....	163
6.105. 10-30 derinlikteki zeminin gerçek Vs değerleri ile Yapay Sinir Ağları	
modeli arasındaki ilişki.....	163

6.106. 0-30 m derinlikteki zemin için Yapay Sinir Ağları yöntemi	
sonucunda bulunan regresyon analiz sonuçları.....	165
6.107. 0-30 m derinlikteki zemin için Yapay Sinir Ağları ve Jafari	
yaklaşımı sonucu elde edilen Vs haritaları	167

ÇİZELGELER DİZİNİ

1.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik'te yer alan Zemin Grubu Tablosu	3
5.1. Literatürde yer alan SPT-N ile Vs arasındaki ampirik korelasyonlar	37
5.2. Geliştirilen YSA Modeli	39
6.1. SPPS'te Vs30 ve Jafari yönteminden elde edilen değerlerin korelasyon analizi sonuçları	159
6.2. SPPS'te Vs30 ve Jafari yönteminden elde edilen değerlerin regresyon analizi sonuçları	160
6.3. 0-10 m derinlikteki Yapay Sinir Ağları Modeli'nden N=10 değeri için bulunan Vs değerleri	162
6.4. 10-30 m derinlikteki Yapay Sinir Ağları Modeli'nden N=20 değeri için bulunan Vs değerleri	164
6.5. 0-30 m derinlikteki Yapay Sinir Ağları Modeli'nden N=40 değeri için bulunan Vs değerleri	166

1. GİRİŞ

Özellikle son yıllarda şehirleşme ve sanayileşmenin hızla artması nedeniyle, dünya üzerinde birçok yeni yerleşim alanları kurulmakta veya büyüyen yerleşim alanları ortaya çıkmaktadır. Bu yerleşim alanlarının önemli bir kısmının tektonik olarak aktif olan yerlerde veya yakınında bulunması önemli bir deprem tehlikesinin de ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Türkiye, dünyanın en aktif deprem kuşakları arasında yer almaktadır. 1999 yılında meydana gelen İzmit ve Düzce depremleri Türkiye'nin en yoğun nüfusa ve sanayileşmeye sahip olan Marmara Bölgesi'nde çok geniş bir alanı etkileyerek ekonomik ve sosyal alanda önemli kayıplara neden olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. 1. 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi, İzmit.

1999 Kocaeli depreminde bölgede yapılan incelemelerde, yerel zemin koşullarının farklılık göstermesi yapısal hasarlarda da farklılığa neden olmuştur.

MacMurdo (1824) 1819' daki Cutch (Hindistan) depremi ile ilgili olarak "doğrudan kaya üzerine oturtulan yapılardaki hasarın, temeli kayaya kadar inmeyen yapılardaki hasar kadar olmadığını" belirtmiştir. Kramer (1996) yerel zemin koşullarının yer hareketleri üzerinde olan etkilerini çeşitli araştırmacıların incelediğini belirtmiş ve bunların ayrıntılarını çalışmasında yer vermiştir (Bol ve ark. 2007).

Bir depremde yapılara gelen deprem kuvvetleri belirlenirken, yapıların bulunduğu noktalarda zemin tabakalarının, deprem özelliklerini nasıl değiştirdiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Yerel zemin özellikleri, bazı bölgelerde deprem kuvvetlerinin büyümesine, bazı bölgelerde azalmasına yol açabilir. Zemin büyütmesi olarak tanımlanan bu olayı açıklamaya çalışırken çok karmaşık olabilen zeminin tabakalaşma özelliklerini yansıtabilecek bir basitleştirme yapmak gerekebilir. Yapılan araştırmalar, zemin yüzeyinden itibaren 30 m içinde kalan zemin ve kaya tabakalarının bu açıdan önemli olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle, deneysel olarak bulunan ve zemin yüzeyinden itibaren 30 m içindeki zemin ve kaya tabakalarının kayma dalgası hızlarının ağırlıklı ortalaması olarak tarif edilen eşdeğer kayma dalgası hızını kullanarak, değişik noktalarda zemin büyütmesini yaklaşık olarak tahmin etmek mümkün olmaktadır (Demir, 2006).

Kayma dalgası hızı V_s , inşaat mühendisliğinde zeminlerin dinamik davranış özelliklerini belirlemede önemli parametrelerden biri olarak kabul edilmektedir (İyisan, 1996). Güvenilir yerleşim alanlarının belirlenmesi ve depreme dayanıklı yapı tasarımı için, zeminin dinamik özelliklerinin belirlenmesi gereklidir. Zeminin en önemli dinamik özelliği, kayma modülü (G) olup, kayma modülü ile kayma deformasyonunun değişimi laboratuvar deneyleri ile bulunurken, zeminin elastik davrandığı durumlarda ise, ancak arazide düşük deformasyon genliklerinde ölçülen kayma dalgası hızından hesaplanmaktadır (Yıldız, 2008).

Zeminin kayma dalgası hızı değerleri, günümüzdeki deprem yönetmeliklerinde (NEHRP, Eurocode-8, Turkish Earthquake Code, UBC 2000 vb) zemin sınıflarının belirlenmesi, düşük deformasyon seviyelerindeki kayma modülünün ve elastisite modülünün hesaplanması, sıvılaşma, taşıma gücü kaybı

ve zeminin büyüme analizlerinde kullanıldığından, geoteknik-deprem mühendisliği için önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir.

Kayma dalgası hızı, sismik yöntemler ile arazide ölçülerek veya ölçülemediği durumlarda ise SPT-N sayısı, koni uç mukavemeti gibi zeminin rijitlik özelliklerine bağlı olarak ampirik korelasyonlar aracılığı ile yaklaşık olarak belirlenebilmektedir. Zeminin rijitlik özelliklerinin artması ile SPT-N sayısı ve kayma dalgası hızı değerleri artmaktadır. Bu da araştırmacıları ampirik korelasyonların geliştirilmesine yöneltmiştir (Yıldız, 2008). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” kapsamında Tablo 6.1’ de, zeminin kayma dalgası hızı değerinin zemin grubunun belirlenmesinde kullanılacak bir parametre olduğu belirtilmiştir (TDY, 2007) (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik’te yer alan Zemin Grubu Tablosu

<i>Zemin Grubu</i>	<i>Zemin Grubu Tanımı</i>	<i>Stand. Penetr. (N/30)</i>	<i>Relatif Sıkılık (%)</i>	<i>Serbest Basınç Direnci (kPa)</i>	<i>Kayma Dalgası Hızı (m/s)</i>
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar....	—	—	> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl.....	> 50	85–100	—	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil.....	> 32	—	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar....	—	—	500–1000	700–1000
	2. Sıkı kum, çakıl.....	30–50	65–85	—	400–700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16–32	—	200–400	300–700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	—	—	< 500	400–700
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	10–30	35–65	—	200–400
	3. Katı kil ve siltli kil.....	8–16	—	100–200	200–300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları.....	—	—	—	< 200
	2. Gevşek kum.....	< 10	< 35	—	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil.....	< 8	—	< 100	< 200

Dünyada ve ülkemizde afet zararlarını en aza indirmek için çeşitli yöntemler geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin başında bölgenin

afet tehlike durumunu belirlemek ve mevcut planları buna göre yapmak gelmektedir. Bu amaçla kent ölçeğinde yapılacak olan imar planlamalarında kullanılmak üzere, sağlıklı kentleşme ve güvenli yapılaşma için kentsel mikrobölgeleme çalışmaları yürütülür. Kentsel mikrobölgeleme çalışmalarından elde edilen verilerin depolanması, coğrafi veri formatında değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve yorumlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri etkin bir araç olarak kullanılmaktadır (Avdan ve Alkış, 2011).

CBS, dünya üzerinde var olan nesnelere ve meydana gelen olaylara ait bilgileri toplamaya, bunları bilgisayar ortamında depolamaya, sorgulama yapmaya, istenilen format ve ölçekte haritalamaya ve analizlerini yapmaya yarayan yüksek performanslı bir bilgisayar sistemidir. Bu sistem, coğrafi konumu olan nesne ve olaylara ait tüm verilerin toplanmasının ve depolanmasının yanı sıra güncelleştirilmesini, sorgulanmasını, sentezlenmesini ve yeni seçenekler üretilmesini çok kısa bir sürede yapabilecek nitelikte bir teknolojik sistemler bütünüdür (Orhan, 2005). Bu niteliklerinden dolayı, yer bilimleri mühendisliği uygulamalarında CBS kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca son zamanlarda yer bilimleri mühendisliği uygulamalarında CBS'nin kullanımının yanı sıra yapay zeka uygulamaları da önem kazanmaktadır.

Yapay Sinir Ağları (YSA), son yıllarda birçok mühendislik uygulamalarında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. YSA kavramı, insan beyninin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmış olup, ilk çalışmalar nöronların matematiksel modellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Yapılan çalışmalar nöronların komşu nöronlarla bilgi alışverişinde bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Yapay sinir ağları diye isimlendirilen alan bu nöronların belli biçimlerde bir araya gelmesinden oluşmuştur (Göktepe ve ark. 2009). Geoteknik problemlerin çözümünde kullanılan YSA özellikle, zeminlerin sınıflandırılması, arazi karakterizasyonu, sıvılaşma, geçirimsizlik ve hidrolik iletkenlik, sıkıştırma, dayanma yapıları, temellerin oturması, kazık hizmet yükünün tahmini ve zemin davranışlarının modellenmesi gibi karmaşık ve ilişkinin iyi anlaşılmadığı pek çok doğrusal olmayan problemlerin çözümünde başarılı ve hızlı çözümler sağlamaktadır (Önalp ve Arel, 2011).

Geoteknik parametreler; çevre faktörleri, dinamik özellikler, boşluk suyu basıncı gibi pek çok değişkenle kontrol edilmektedir. Bunların birbirleriyle bağımlı etkileşimi geleneksel istatistik yöntemlerinin kullanılmasını zorlaştırmaktadır. YSA ile geliştirilen yöntemler dizisinin kullanımıyla geoteknik parametrelerin tahmin edilmesi eldeki veri grupları temel alınarak yapılmaktadır (Önalp ve Arel, 2011).

Bu tez çalışmasında, zemin büyütme riskinin belirlenmesine öncülük eden zemin parametrelerinden biri olan Eskişehir zeminine ait kayma dalgası hızı (V_s) değeri, belirli ampirik yöntemler aracılığı ile analiz edilerek, literatürde verilen ampirik yaklaşımlardan Eskişehir zeminini için en uygunu, CBS ve istatistiksel analiz programı SPSS aracılığı ile belirlenmiştir. YSA yöntemi kullanılarak gerçek V_s değerlerinden en iyi tahminleme yapılmıştır. Bu çalışma için literatürde bilim adamlarının SPT-N değerine bağlı olarak vermiş olduğu ampirik formüller, Anadolu Üniversitesi 080240 nolu projesi kapsamında yapılmış olan 15 adet sondaj ile Meer Projesi kapsamında yapılmış olan 81 adet sondaj çalışmalarından elde edilen Standart Penetrasyon Deneyi değerleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın YSA kısmında, Mutlu (2012)'nın "Sismik Kırılma Yöntemi ile Mikrotremör Ölçümlerinden Elde Edilen Dinamik Zemin Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Haritalanması" adlı yüksek lisans tez çalışmasında 23 ayrı noktada sismik yöntemler aracılığı ile elde edilmiş Eskişehir zeminine ait V_s değerlerini kullanılmıştır. Bu değerlerin, YSA aracılığı ile eğitilmesi ve test edilmesi ile konuma ve SPT-N sayısına bağlı olarak tahmini V_s değeri elde edilmiştir. Mutlu (2012)'nin yaptığı yüksek lisans tez çalışması kapsamında belirlenen V_s değerleri ve ampirik formüllerle elde edilen tahmini V_s değerleri CBS ile değerlendirilerek haritalanmıştır. CBS yardımıyla elde edilen haritalarda gerçek ve ampirik değerler karşılaştırılmış, aynı zamanda SPSS analizi ile elde edilen tahmini değerlerin doğruluk analizi yapılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucu Eskişehir zeminine ait en doğru V_s ampirik yaklaşımı belirlenmiştir. Çalışmanın YSA kısmında ise, Eskişehir zemininin 0-30 m derinlikteki V_s değerlerinin konuma ve SPT-N sayısına dayalı en iyi tahminlemesi yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu tez çalışması zeminin kayma dalgası hızı, SPT-N, Yapay Sinir Ağları ve CBS konu başlıklarından oluşmaktadır. Bu başlıklara göre literatür taraması yapılmış olup, bu çalışma kapsamında yararlanılan ve incelenen kaynaklar aşağıda sıralanmaktadır.

Hasan Şişman'ın "Sismik Dalga Hızları ile SPT ve Pressiometre Deney Sonuçları arasındaki ilişkilerin incelenmesi" adındaki 1995 yılında yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında sismik kırılma çalışmaları ile belirlenen P ve S dalga hızları ile zeminlerin bazı özellikleri (SPT-N değeri, pressiometre deney sonuçları, birim hacim ağırlığı, serbest basınç dayanımı, kohezyon, içsel sürtünme açısı) arasındaki ilişkileri incelemiştir. Çalışmasının sonucunda her çeşit zemin için S dalgası hızları ile yerin mekanik doğal özellikleri arasında P hızına oranla çok yakın ilişkiler bulunduğunu öne sürmüş, S dalga hızlarının mühendislik uygulamalarında kullanımının önemini belirtmiştir (Şişman, 1995).

Muammer Tün'ün "Eskişehir Zemininin Makaslama Dalga Hızı (Vs) Değişimine Bağlı Özelliklerinin İncelenmesi ve Doğal Titreşim Periyodunun (To) Bulunması" isimli 2003 yılındaki yüksek lisans tez çalışmasında Eskişehir yerleşim yeri için belirlediği çalışma alanında olası bir depremin etkilerini ele alarak, zemin koşulları ile makaslama dalgası arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Ayrıca çalışmasında CPT'den elde ettiği Vs değerleri ile SCPT'den elde ettiği Vs değerleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Sonuç olarak elde ettiği Vs değerlerini kullanarak NEHRP'e göre zemin sınıflaması yapmış ve zeminin doğal titreşim periyodunu hesaplamıştır (Tün, 2003).

Beril Bayraktar'ın "Zemin Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Mesafenin Tersine ve Kriging Yöntemiyle Kestirimi" adındaki 2007 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında Mesafenin Tersine ve Kriging yöntemlerini arazide SPT verilerine uygulayarak belirli tahminler yapmış daha sonra gerçek veriler ile karşılaştırmıştır. Çalışma kapsamında SPT gerçek verileri dikkate alınarak, Mesafenin Tersine ve Kriging yöntemlerinden tahmin edilen SPT verilerini Hadamard çarpım matrisine göre değerlendirilmiştir. Çalışmanın

sonucunda ise, Mesafenin Tersiyer yönteminin SPT tahmininde genel olarak Kriging yönteminden daha iyi sonuç verdiğini elde etmiştir (Bayraktar, 2007).

Fatih Göktepe'nin "Adapazarı Killerinin Sınıflandırılmasında Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı" adındaki 2008 yılında yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında Adapazarı bölgesinin genel zemin yapısını tanımlamak için yapılmış sondaj çalışmaları ve ilgili laboratuvar deneylerinden elde edilen, kil numunelerine ait likit limit ve plastisite indisi değerlerini kullanarak, YSA modelini eğitmiş ve test ederek modelin performansını belirlemiştir. Ayrıca, istatistiksel analiz yaparak YSA modelinin üretmiş olduğu çıktılar ile deneysel verileri karşılaştırmıştır (Göktepe, 2008).

Arzu Dere'nin "Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Sıvılaşma Analizi ve Adapazarı için Örnek Bir Uygulama" adındaki 2009 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında Adapazarı zeminleri üzerinde meydana gelen sıvılaşma potansiyelini belirlemeye yönelik olarak basitleştirilmiş prosedür ve Yapay Sinir Ağı (YSA) yöntemleri kullanılarak sıvılaşma analizleri gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlarla YSA yönteminin sıvılaşma potansiyelini belirlemedeki başarısını değerlendirmiştir (Dere, 2009).

Yaşar Taner Soycan'ın "Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Kompaksiyon Parametrelerinin Tahmini" adındaki 2008 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında ince daneli zeminler üzerinde yapılan Standart ve Modifiye Proktor deneylerinden bulunan kompaksiyon parametreleri ile zeminin indeks özelliklerini kullanılarak, maksimum kuru birim hacim ağırlığının ve optimum su muhtevasının tahmin edilebilmesi için, Yapay Sinir Ağları (YSA) analizleri yapmıştır. YSA analiz sonuçlarında, oldukça güvenilir sonuç veren modellere ulaşılmış ve önerilen YSA'ların, projenin tasarım aşamasında, finansal yetersizliğin ve sınırlı zamanın olması hallerinde kullanılmasının yararlı olacağını öne sürmüştür. Ayrıca tez çalışmasında bulduğu sonuçları, daha önce önerilen korelasyon denklemlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmasını yapmıştır (Soycan, 2008).

Samet Çelik'in "Zeminlerde Gerilme ve Deformasyon Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi" adındaki 2004 yılında yapmış olduğu doktora tez çalışmasında zemin yüzeyine etkiyen uniform yüklü dikdörtgen ve

dairesel alanlardan dolayı zemin ortamında oluşacak düşey gerilme artışlarını YSA ile modellemiş ve regresyon modelleri ile karşılaştırmıştır. Bu çalışması sonucunda gerilme artışları için geliştirilen YSA modellerinin kullanımı sonucunda; süperpozisyon ilkesine, logaritmik grafiklerden değer okunmasına ve doğrusal interpolasyona gerek kalmadığını öne sürmüştür. Çalışması sonucunda elde ettiği YSA modellerinin kullanımı ile daha kısa sürede ve güvenilir bir şekilde gerilme artışlarının belirlenebildiğini savunmaktadır (Çelik, 2004).

Haluk Yıldız'ın "İstanbul'da Sondaj Kuyularında PS Logging Yöntemi ile Ölçülen Kayma Dalgası Hızının SPT-N ile Değişimi" adındaki 2008 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında İstanbul'daki sondaj kuyularında PS Logging yöntemi ile ölçülen kayma dalgası hızlarının SPT-N ile değişimini incelemiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi ile Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı'nın ortaklaşa yürüttüğü İstanbul İli Sismik Mikrobölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması kapsamında elde edilen verilerin birbirleriyle olan ilişkileri ve anlamlılıklarını istatistiksel olarak değerlendirmiştir. İstanbul zeminlerinde kayma dalgası hızının, SPT-N sayısına bağlı olarak pratik amaçlar doğrultusunda tahmin edilerek kullanılabilecek bağıntılar geliştirmiştir. Ayrıca, bu tür korelasyonlara efektif düşey gerilme, zemin cinsi ve derinlik gibi değişkenlerin etkilerini de inceleyerek önceki çalışmalarla karşılaştırmalarını yapmıştır (Yıldız, 2008).

Aslı Beliceli'nin "Eskişehir Yerleşim Yeri Zemininin Büyütme Etkisinin Makaslama Dalgası Hızına (Vs) Bağlı Olarak Belirlenmesi" adındaki 2006 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında SPT-N darbe sayısı ve SCPT deneyinden elde ettiği uç direnç (qc) gibi zeminlerin rijitliğini ifade eden parametreler ile makaslama dalga hızına bağlı olarak ampirik yaklaşımlarla yerel zemin koşullarındaki değişimin büyütme üzerine etkisini araştırmıştır. Bu çalışma sonucunda zemin büyütme parametrelerinin bölgedeki değişimini 3 Boyutlu Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisini kullanılarak modellemiş, arazide yerinde elde edilen veya darbe sayılarından hesaplanan makaslama dalgası hızı (Vs) değerlerini kullanarak çalışma alanının National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP)'ye göre yer sınıflamasını yapmış ve bu sınıflamada

büyütmeye karşı zemin davranışı gösterebilecek alanları çakıştırarak, zeminin zemin hakim titreşim periyodunu (T_0) hesaplamaya çalışmıştır (Beliceli, 2006).

Onur Uyar'ın "Kayma Dalgası Hızı ile Basitleştirilmiş Prosedüre Bağlı Karşılaştırmalı Olarak Sıvılaşma Direnç Değerlendirmesi" adındaki 2006 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında sıvılaşma davranışının mekanizması, sıvılaşmaya etki eden faktörler, sıvılaşmanın yol açtığı zemin yenilme durumları ve yapılar üzerindeki etkilerine özetle değinerek sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik Kayma dalga hızı (V_s) ve arazide elde edilen SPT (N) deney sonuçlarından yararlanan sıvılaşma tahkik yöntemlerini açıklamıştır. Veri olarak Bursa-İnegöl bölgesinde daha önceden yapılmış geoteknik etüt raporunda yer alan Sismik Kırılma, Düşey Elektrik Sondaj ve Mekanik Sondaj çalışmalarından elde edilen verileri yeniden değerlendirmiştir. Bu verileri ilişkilendirerek geoteknik kesitler oluşturmuştur. Bu kesitlerden yeraltı su tablasının altında kalan zeminlerin bulunduğu tabakaların V_s ve SPT (N)₆₀ değerlerine bağlı sıvılaşma analizlerini karşılaştırmalı olarak yapmıştır. Sonuç olarak bölgenin sıvılaşma risk haritalarını ortaya koymuştur (Uyar, 2006).

Muhammed Emin Karasu' nun "Bakırköy ilçesi" nin Mikrobölgelemesi" adındaki 2009 yılında yaptığı yüksek lisans tezi çalışmasında İBB Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından İstanbul' un güneyinde yapılan mikrobölgeleme çalışmalarında elde edilen verilerden yararlanarak Bakırköy ilçesinde zemin büyütmesine göre mikrobölgeleme çalışması yapılmıştır (Karasu, 2009).

Ahmet Orhan'nın "Eskişehir İl Merkezi Güney Bölümü Temel Zemin Birimlerinin Jeo- Mühendislik Özellikleri ve Coğrafi Bilgi Sisteminin Uygulanması" adındaki doktora tezi çalışmasında Eskişehir il merkezi Odunpazarı ilçesinin önemli bir bölümünü oluşturan alanda jeolojik değerlendirmeler yaparak, arazi ve laboratuvar verileri aracılığı ile yerleşim alanındaki temel zemininin jeo-mühendislik özelliklerini belirlemiştir. Elde edilen özelliklere bağlı olarak orta ölçekli bir metropol alan için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak imar planı modelini oluşturmuştur. Ayrıca çalışmasında belirtilen özelliklerin kendi aralarındaki ilişkilerini de incelemiştir (Orhan, 2005).

Nilsun Hasancebi ve Reşat Ulusay'ın 2007 yılında yayınlanan "Empirical Correlations Between Shear Wave Velocity and Penetration Resistance for Ground Shaking Assessments" adlı makalesinde, Bursa'nın Yenişehir ilçesinde yapılmış olan sismik çalışmalardan elde ettiği Vs değerleri ile sondajlardan elde ettiği SPT-N darbe sayıları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmasının sonucunda zemin türünün Vs tahmininde çok az ilişkisi olduğunu, SPT-N ile Vs arasındaki korelasyon sonucu elde edilen regresyon denkleminin kullanımının, Vs tahmininde pratik ve ekonomik olarak belirlenebildiğini öne sürmüştür (Cebeci ve Ulusay, 2007).

Çağır Kolat ve diğerlerinin 2012 yılında yayınlanan "Development of Geotechnical Microzonation Model for Yenisehir (Bursa, Turkey) Located at a Seismically Active Region" isimli makalesinde Türkiye'nin aktif sismik bölgesi olarak bilinen ve hızla gelişen yerleşim alanına sahip, Yenişehir (Bursa) bölgesi için bir geoteknik mikrobölgeleme modeli geliştirmiştir. Çalışma sonucunda çalışma alanını kapsayan Kuvaterner alüvyal zeminin dinamik davranışlarını değerlendirmiştir. Çalışmasında CBS tekniklerini kullanarak geoteknik mikrozon haritaları oluşturmuştur (Kolat ve ark. 2012).

Müge K. Akın ve diğerlerinin 2011 yılında yayınlanan "Empirical Correlations of Shear Wave Velocity (Vs) and Penetration Resistance (SPT-N) for Different Soils in an Earthquake-Prone Area (Erbaa-Turkey)" isimli makalesinde, Tokat-Erbaa zemini için SPT-N, Vs ve zemin sınıfı değerleri karşılaştırılarak aralarındaki ilişki incelenmiştir. Sismik yöntemlerle elde edilen Vs değerleri ile literatürde SPT-N değerine bağlı olarak verilmiş olan ampirik yaklaşımları karşılaştırılmıştır (Akın ve ark. 2011).

3. KURAMSAL TEMELLER

Geoteknik Mühendisliğinde zemin kesitinde yer alan tabakaların mühendislik özelliklerinin belirli bir derinliğe kadar bilinmesi gerekmektedir. Zeminlerin mühendislik özellikleri, laboratuvar ve arazide yapılan deneyler ile belirlenebilmektedir. Laboratuvar yöntemleri kullanılırken örselenme etkisi ihmal edilebilir kabul edilse bile, numuneler alındığı tabakanın çok küçük bir bölgesini temsil ettiğinden, laboratuvar deney sonuçları tüm tabakanın özelliklerini yansıtmayabilir. Arazi deney yöntemlerinde laboratuvardaki gibi gerilme şartlarının tekrar yaratılma sorunuyla karşılaşılmazken, gerçek gerilme durumu ve anizotropi çoğu kere kendiliğinden sağlanır. Arazi deneyleri, daha geniş bir bölgede uygulandığından, sonuçlar zemin tabakasını daha iyi temsil edebilmektedir (Sivrikaya ve Toğrol, 2007).

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) dinamik bir penetrasyon deneyi olarak bilinen aynı zamanda zeminin sıklığı ve kıvamı hakkında bilgi veren arazi deneyidir. SPT, dinamik olarak 76 cm yükseklikten 63.5 kg ağırlığındaki bir tokmağın düşürülerek standart bir numune alıcının zemine 45 cm ilerlemesi şeklinde uygulanır. Numune kaşığının zemine son 30 cm'lik ilerlemesine karşı gelen toplam darbe sayısı, zeminin penetrasyon direnci (SPT-N) olarak tarif edilir. Bu deney, yumuşak killer ve gevşek kumlardan çok sert killer ve sıkı kumlara kadar çeşitli zemin türlerinde uygulanabilmektedir (Sivrikaya ve Toğrol, 2010).

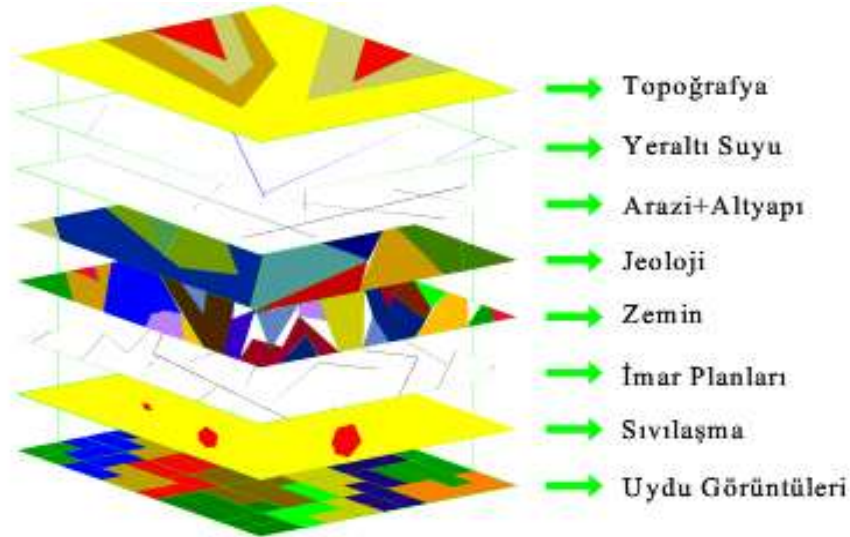
Sondajlardan yapılan SPT deneyinden bulunan N darbe sayılarından yararlanılarak zeminin yaklaşık sıklığı, taşıma gücü kaybı ve emniyet gerilmesi hesaplanabilmektedir (Terzaghi ve Peck, 1948). SPT-N değeri ile V_s arasındaki ilişkiyi belirlemek için bu zamana kadar birçok çalışma yapılmıştır.

Afet zararlarının azaltılması ve güvenli yerleşim alanlarının belirlenebilmesi için, zeminin kayma dalgası hızı önemli bir zemin parametresidir. Bu nedenle afet zararlarının azaltılması çalışmaları kapsamında yerleşim alanlarına ait zeminin geoteknik parametrelerinden oluşan risk haritaları oluşturulmaktadır. Bu haritalar genel olarak CBS teknikleri ile oluşturulmaktadır.

3.1.Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

CBS, dünya üzerinde var olan nesnelere ve meydana gelen olaylara ait bilgileri toplamaya, bunları bilgisayar ortamında depolamaya, sorgulama yapmaya, istenilen format ve ölçekte haritalamaya ve analizlerini yapmaya yarayan yüksek performanslı bir bilgisayar sistemidir. Bu sistem, coğrafi konumu olan nesne ve olaylara ait tüm verilerin toplanmasının ve depolanmasının yanı sıra güncelleştirilmesini, sorgulanmasını, sentezlenmesini ve yeni seçenekler üretilmesini çok kısa bir sürede yapabilecek nitelikte bir teknolojik sistemler bütünüdür (Tosun ve Orhan, 2007).

CBS teknikleri ile her bir coğrafi nesne için veri girilebilmesi, bu veriler üzerinde değişik türde sorgulamalar yapılabilmesi ve haritalar üretilmesi özelliği kullanıcılara önemli kolaylıklar sağlamakta ve kullanım alanlarını arttırmaktadır. Araştırmacılar ve uygulamacılar, ortaya çıkan gereksinimler karşısında yazılımlarda çeşitli değişiklikler yaparak amaçları doğrultusunda kullanma imkanına sahip olabilmektedirler. CBS, kent bilgi sistemi, matematiksel modelleme ve araç takibinin yanı sıra birçok yer bilimleri uygulamasında da kullanılabilmektedir. Bunlardan yer bilimlerine yönelik yapılan çalışmaların bazıları ise doğal tehlike analizleri, genel jeoloji amaçlı çalışmalar ve geoteknik çalışmalar vs. gibi sıralanabilmektedir (Orhan, 2005).

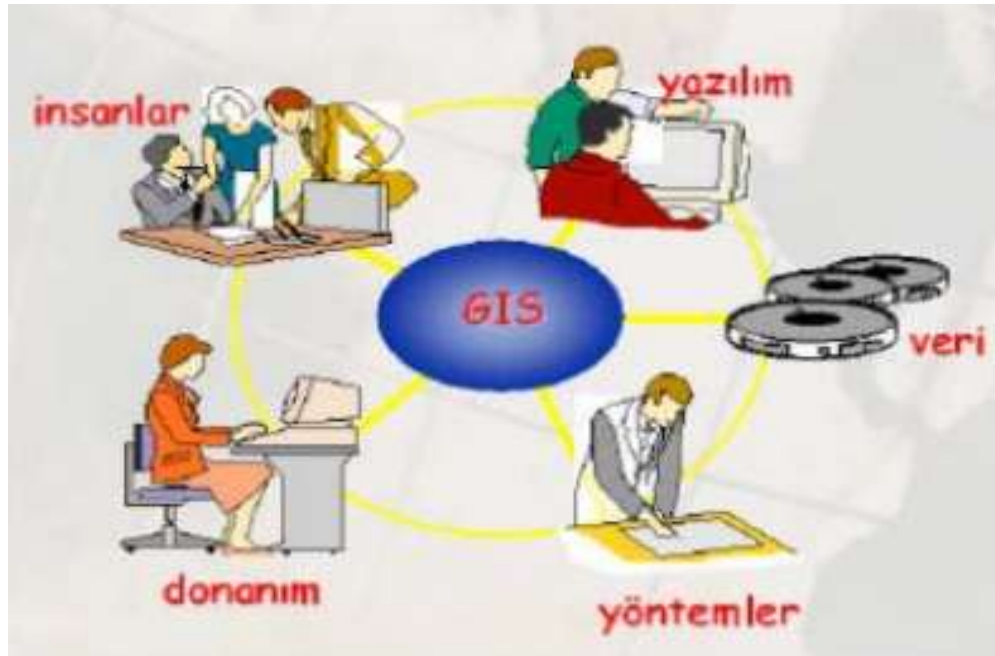


Şekil 3.1. Geoteknik mühendisliğinde kullanılan olası Coğrafi Bilgi Sistemleri haritası (Seven, 2008)

Geoteknik Mühendisliğinde CBS kullanılarak yapılan analizler ve haritalar, çalışma alanındaki zemin özelliklerinin değerlendirilmesinde, deprem risk haritalarının oluşturulmasında ve yerleşim alanları kullanıma açılmadan önce gerekli önlemlerin alınmasında etkin rol oynamaktadır.

3.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemi Bileşenleri

CBS; mekândaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan insan, yazılım, veriler, yönetim çemberinden oluşan bir sistemdir. Klasik olarak CBS beş bileşenden oluşmaktadır (Köktürk, 2003).



Şekil 3. 2. CBS'nin temel bileşenleri (Morova, 2006).

Donanım (Hardware), CBS sisteminin üzerinde çalıştığı bilgisayar ve ona bağlı sistemlerdir. Günümüzde bu UNIX veya Windows NT işletim sistemleriyle çalışan bir bilgisayar sunucusu, bir masaüstü PC veya bir Apple Macintosh olabilir. Bilgisayar izole edilmiş bir şekilde çalışabileceği gibi bir network oluşumu içinde de yer alabilir

- Network
- Bilgisayarlar

- Çevre Birimleri
- Yazıcılar
- Çiziciler
- Sayısallaştırıcılar (Köktürk, 2003).

Yazılım (Software), kullanıcının mekansal bilgiyi depolamak, analiz etmek ve görselleştirebilmek için kullanacağı işlevleri ve araçları içerir. Önemli yazılım öğeleri

- CBS yazılımı
- Veri tabanı yazılımı
- İşletim sistemi yazılımı
- Network yazılımı (Köktürk, 2003).

Veriler (Data), CBS teknolojisinin en önemli öğelerinden birisidir. Verinin kesinlikle doğru ve titizlikle incelenmiş olması gerekir. Farklı veri tipleri şunlardır:

- Vektör Veri
- Raster Veri
- Görüntü Verileri
- Öznitelik Verileri (Köktürk, 2003).

İnsan kaynakları olmadan, CBS teknolojisi, sistemin yönetilmesinde ve uygulama amaçlı planlamaların yapılmasında açıkça sınırlı bir değere sahiptir. CBS’ni kullanan insanlar bu teknolojiyi günlük işlerine destek amacı ile kullanırlar ve bu kişiler yüksek kalitede teknik uzmanlardan plancılara, orman memurlarından piyasa araştırmacılarına kadar geniş bir yelpazede yer alırlar (Köktürk, 2003).

Bunlar;

- Yöneticiler
- Müdürler
- Uygulama Uzmanları
- Son Kullanıcılar
- CBS Teknikerleri
- Tüketiciler [42].

Yöntemler, teknolojinin nasıl uygulanacağını açıklayan iyi tasarlanmış planları ve uygulamaya yönelik iş kurallarını içerir. Bunlar:

- Tüzükler-Yönetmelikler
- Yönergeler
- Standartlar
- Prosedürler (Köktürk, 2003).

3.1.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışma Yöntemi

Coğrafi verilerin bilgisayara aktarılması, işlenmesi ve görüntülenmesi için öncelikle söz konusu verilerin bilgisayarca anlaşılır hale dönüştürülmesi gerekir. Bu dönüşüm verilerin dijital formata dönüştürülmesi ile mümkündür. Ayrıca dijital formata dönüştürülen verilerin, bilgisayarda gerçek modeli yansıtabilmesi için konumsal veri modellerinden biri tercih edilmeli ve veri yapısı buna göre tasarlanmalıdır (Yomralıoğlu, 2000). Gerçek dünyaya ait verilerin işlenmesi ve organize edilmesi sonucu uygun bir dijital veri setine dönüştürülmesi işlemi “veri modelleme” olarak adlandırılır. CBS’de konumsal veri organizasyonlarında raster ve vektör modeller en çok kullanılan modellerdir (Dangermond, 1989) (Burrough, 1998).

Vektör Veri Modeli; bilgisayarda kartografik gösterimde ve CBS çalışmalarında da ilk olarak kullanılan modeldir. Harita üzerinden sayısallaştırma ile ya da doğrudan ölçme metotları kullanılarak kolayca elde edilebilir (Reis, 2003). En basit anlamda, gerçek dünyanın nokta, çizgi ve poligon özellikler kullanılarak gösterilmesidir. Yol, parsel ve sınır gibi gösterimi karmaşık olan konumsal özelliklerin gösteriminde daha doğru sonucu verirler (Sommer ve Wade, 2006). Vektör veri modeli objeleri tanımlamak için koordinat setlerini ve ilgili öznitelik verilerini kullanır. Objelerin sınırlarını ve konumlarını tanımlayan koordinat grupları ve ilgili öznitelik bilgileri gerçek dünyayı modellemede kullanılacak vektör objeleri oluşturmak için kullanılır (Bolstad, 2005).

Raster Veri Modeli; gerçek dünyayı gösterimde düzgün dağılımlı pikseller kullanır (Bolstad, 2005) (Longley ve ark. 2001). Fotoğraf özelliğine sahip bir gösterim şekli olan raster veri modelinde herhangi bir görüntü bütünü piksel adı verilen seri haldeki kare şeklinde küçük kutucuklardan ya da grid'lerden oluşur. Gridler aynı boyutta olup, farklı renkte olabildikleri gibi, birbirini izleyen herhangi bir rengin tonları şeklinde de olabilir. Her bir piksel içinde bulunan bilgi, bilgisayarda belirli kodlarla (sayılar/harfler) kaydedilir. Başka bir deyişle grid ağı, elemanları pikseller olan bir matris 20 olarak düşünülür. Her bir piksel satır ve sütun numarası ile koordinatlandırılır. Raster gösterimde, farklı özellik gösteren coğrafi varlıklar arasında, vektörel gösterimdeki gibi bir sınır olmayıp, sürekli bir gösterim söz konusudur. Farklı özelliklerin ayrımı, komşu piksellerin farklı renk değerleri veya tonlamasıyla olur. Dolayısıyla her bir piksel taşıdığı özelliği yansıtmak ve diğer özelliklerden ayırt etmek üzere farklı renk koduna sahiptir. Raster gösterimde, hassasiyet piksel boyutuna göre değişen ayırma veya çözünürlük gücü ile ölçülür. Piksellerin araziye gerçek boyutuna yersel çözünürlük denilmektedir (Yomralıoğlu, 2000).

Vektör veri modelleri, gerçek durumu veri yapısına doğrudan yansıtılabildikleri için daha yüksek doğruluk avantajına sahiptir. Geniş hacimli veriler için etkin bir depolama sağlar. Vektör veri modellerinde ağ bağlantıları şeklindeki topolojik yapı açık ve anlaşılır bir şekilde ifade edilebilmektedir. Coğrafi elementlerin farklı topolojik formasyona sahip olması nedeniyle vektör veri modellerinde simülasyon işlemi zordur. Örneğin topografya gibi sürekli

yapıların gösterilmesi vektör veri modelleri için uygun değildir. Raster veri modellerinin veri yapısı oldukça basittir. Bu veri modellerinde uydu veya benzeri görüntülerle haritaların kombinasyonu mümkündür. Piksellerin aynı boyut ve şekilde olması nedeniyle simülasyon işlemi kolayca yapılabilir. Geçmiş yıllarda raster veri modellerinin oluşturduğu bellek sorunu ve kurulumundaki yüksek maliyet gereksinimleri gelişen teknolojiler ile ortadan kaldırılmıştır (Yomralığlu, 2000).

3.1.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanım Alanları

CBS konumsal veri toplama, depolama, analiz yöntemleri gibi özellikleri sayesinde birçok konuda kullanım alanı bulmuştur. CBS'nin kullanım alanları uygulama bazında aşağıdaki başlıklar altında sıralanabilir.

Mühendislik Uygulamaları

- Elektrik, Su, Doğalgaz şebekeleri
- Telekomünikasyon Ağı
- Araç takip sistemleri

Tarım Uygulamaları

- Bitki Örtüsü
- Ekilebilir Arazi
- Sulama Sistemleri
- Tahıl Rekolte Tahmini
- Toprak Haritaları

Çevre Uygulamaları

- Erozyon Risk Analizleri
- Su Kaynakları ve Kirlilik Analizleri
- İklim Bilim Çalışmaları

- Sel Bölgeleri Risk Analizleri
- Doğal Hayatı Koruma

Yer Bilimleri Uygulamaları

- Maden Petrol Alanlarının Tespit ve Envanteri
- Jeolojik Haritalar
- Deprem Risk Analizleri

Ormancılık Uygulamaları

- Orman ve Ağaç Envanteri
- Orman Bölgelerinin Korunması ve Sürdürülebilirlik Analizleri
- Acil Orman Yangın Tespiti ve Müdahale Sistemleri

Arkeoloji

- Arkeolojik Kazıların Haritalanması ve Kazı Envanteri
- Tarihsel Sit Alanlarının Envanteri
- Uydu ve Hava Fotoğraflarının İşlenerek Arkeolojik Yer Tespit Çalışmaları
- Arkeolojik Ölçümler

Kamu Uygulamaları

- Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemleri
- Şehir Bölge Planlama Çalışmaları
- Arazi Kullanım Haritaları
- Altlık Harita ve İmar Planları
- Kent Taşınmaz Envanteri
- Tapu ve Kadastro Müdürlüklerinde Mülkiyet Envanteri
- CBS tabanlı e-devlet projeleri
- Kent içi ulaşım planları

- Adres Yönetim Sistemi
- Toplum Sağlığı Analizleri ve Haritaları
- Suç Analizleri ve Haritaları

Yukarıda tanımlanan uygulama alanlarının dışında sayamadığımız daha birçok alanda CBS kullanılmakta ve teknoloji ilerledikçe uygulama alanları artmaktadır (Çabuk ve ark. 2011).

3.1.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde Geoistatistiksel Analizler

Coğrafi Bilgi Sistemleri'ndeki son zamanlardaki gelişmeler sonucunda, Geoistatistiksel analiz çalışmaları CBS ile entegre bir biçimde gerçekleştirilebilir hale gelmiştir. CBS, bir çalışmadaki zaman alıcı veri toplama aşamasına son vermemektedir. Buna karşın, daha etkin ve hızlı bir biçimde yersel değişiklikleri değerlendirebilmektedir. Çünkü CBS büyük veri setleri ile çalışabilme yeteneğine sahiptir. Buna ek olarak CBS, çeşitli değişkenleri karar destek amaçlı olarak birleştirebilmekte ve sorgulayabilmektedir (Wylie ve ark. 1994; Pebesma, 1996) (Derleyen Gündoğdu, 2004).

Geoistatistik, istatistiğin uygulamalı bir dalı olup, ilk olarak yerbilimlerinde karşılaşılan kestirim problemlerinin çözümüne yönelik olarak ortaya çıkmıştır. Geoistatistiğin temeli Tobler'in (1979) coğrafyanın temel yasası olarak tanımladığı her şey her şeyle ilgilidir, fakat yakın şeyler uzak şeylerden daha ilgilidir (Theory of Regionalised Random Variables, Matheron (1971) teorisine dayanır (Derleyen Yaprak, 2007).

CBS'inde konuma dayalı haritalar oluşturulurken, çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler, veri olmayan konumların tahminlenmesinde kullanılmakta ve Geoistatistiksel analiz yöntemleri olarak tanımlanmaktadır. Geoteknik çalışmalar için CBS'inde Geoistatistiksel analiz yöntemlerinden en çok kullanılanlar, Mesafenin Tersisi (IDW) ve Kriging yöntemleridir.

Mesafenin Ters Yöntemi (Inverse Distance Weighting)

İngilizce olarak İverse Distance Weighting (IDW) olarak bilinen mesafenin tersi yöntemi, yakındaki bilinen bir noktanın değerini ve uzaklığını kullanarak bilinmeyen noktalardaki değerleri tahmin eder (IDW bilinen bir noktanın enterpole edilmiş değere katkısını azaltır). Yerel bir yöntemdir ve kesindir. Doğrusal olabilir veya olmayabilir. Örneklenmiş bir veri değerinin ağırlığı (etkisi) tahmin edilen değerden uzaklığı ile ters orantılıdır. Bir başka deyişle, her bir örnek noktasının ağırlığı uzaklıkla ters orantılıdır (Bayraktar, 2007).

Bu yöntemde interpolasyon noktasının değeri, çevresinde bulunan dayanak noktalarının değerlerinden ağırlıklı olarak hesaplanır. Her bir dayanak noktasının değerine verilecek olan ağırlık değeri o noktanın interpolasyon noktasına olan uzaklığının bir fonksiyonudur. Bir interpolasyon noktasının değeri,

$$z_0 = \sum_{i=1}^m \left(\frac{p_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^m p_i} \right) \quad (3.1)$$

eşitliği ile bulunur. Ağırlık fonksiyonu olarak (x_i, y_i) herhangi bir dayanak noktasının, (x_0, y_0) değeri belirlenecek interpolasyon noktasının koordinatları olduğuna göre;

$$p_i = \left[(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 \right]^{-k} = (s_i^2)^{-k}, i = 1, 2, \dots, m \quad (3.2)$$

$2k = 1, 2, 3$

eşitliği kullanılır (Akşit, 2011).

Mesafenin Ters yöntemi, kullanıcı tarafından tanımlanabilen tarama yarıçapında yer alan çevredeki veri noktalarını da inceleyerek, her bir grid noktası için bir değer hesaplar. O grid noktasının değeri bütün noktaların toplam ağırlıklarının ortalamasının alınmasıyla hesaplanır. Grid noktasından giderek uzaklaşan veri noktalarının hesaplanan değeri, grid noktasına daha yakındaki noktaların verilerinden daha fazladır (Bayraktar, 2007).

Kriging Yöntemi

Kriging enterpolasyon yöntemi geoistatistikte kullanılan ve birçok alanda popülaritesini kanıtlamış bir yöntemdir. Bu yöntem ile ilgili maden, jeoloji, çevre, meteoroloji, inşaat ve ekonomik risk değerlendirme gibi birçok alanda araştırma makaleleri mevcuttur. Literatürde çok fazla çalışma olmamakla birlikte uzaktan algılama, fotogrametrik ve kartografik çalışmalarda da uygulama alanı bulmuştur (İnal ve Yiğit, 2003).

Kriging enterpolasyon yöntemi bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak diğer noktalardaki verilerin optimum değerlerini kestiren bir enterpolasyon yöntemidir (İnal ve ark. 2002). Bu yöntem adını bu tekniği ilk geliştiren D.G. Krige isimli Güney Afrikalı bir maden mühendisinden almaktadır. Kriging geoistatistiksel konumsal kestirim yöntemidir (Yaprak, 2007). Kriging yöntemine BLUE (Best Linear Unbiased Estimator) adı verilir. Bu ismin altında yatan kestirim hatasının minimum olması şartına göre ağırlıkların belirlenmesidir. Bu durum, Kriging yöntemini diğer yöntemlerden ayıran en büyük olanak özelliklerinden biridir (İsaak ve Srivasta 1989; İnal ve Yiğit 2003).

Kriging, daha önceden tanımlanmış bir kovaryans modelinden hesap varyansını minimize eden lineer regresyon setidir. Kriging enterpolasyon yönteminde, bir bölgede enterpole edilecek olan parametrelerin bölgesel bir değişken olduğu kabul edilir. Birbirine yakın noktalardaki veri değerlerinin daha korelasyonlu olması için bölgesel değişken konumsal olarak sürekli bir çeşitlilik gösterir (İnal ve ark. 2003). Kriging tekniği diğer kestirim tekniklerine göre daha yansız sonuçların yanı sıra minimum varyanslı ve kestirime ait standart sapmanın hesaplanmasını vermektedir (Deutsch ve Journel 1992; Abtew ve Ark. 1993).

Kriging yönteminin temeli bölgesel değişkenler teorisine dayanır. Yükseklikler tarafından temsil edilen olaylarda konumsal değişim yüzey boyunca istatistiksel olarak homojendir. Yüzey; sabit bir ortalama yada trend'den oluşan yapısal bir bileşen, rastgele fakat konumsal olarak korelasyonlu bileşen ve konumsal olarak korelasyonsuz kalıntı hata terimi olmak üzere üç ana bileşenin toplamı olarak ifade edilir (Martensson, 2002).

Verilerin değerlendirilmesi aşamasında, Kriging yöntemi ile veri olan konumlara bağlı olarak veri olmayan konumlar için hesaplanan tahmini değerler ve hata miktarları elde edilmektedir.

Buęn yaygın olarak kullanılan Kriging yöntemleri aşağıda sıralanmıştır (Yiğit, 2003).

Kriging Yöntemleri;

- Simple Kriging
- Ordinary Kriging
- Universal Kriging
- Block Kriging
- Indicator Kriging
- Disjunctive Kriging
- Cokriging

olarak geliştirilmiştir. Bu alışmada Geoteknik haritaların oluşturulmasında daha çok tercih edilen, Simple Kriging yöntemi kullanılmıştır.

Simple Kriging Yöntemi

Simple Kriging yönteminde ağırlıkların toplamı ağırlık veri setlerinin ortalaması ile bulunur. Simple Kriging yönteminde ortalama değer bilinmektedir (Kleijnen, 2006). Simple Kriging yönteminde noktaların enterpolasyonu genelleştirilmiş lineer regresyon altında 2. Derece durağanlılık varsayımı ve bilinen ortalamaya dayanır (Burrough ve Mc Donnell, 1998).

3.2. SPSS Uygulaması ile İstatistiksel Analiz

İstatistik, belirli bir amaç için verilerin toplanması, sınıflandırılması, çözümlenmesi ve sonuçların yorumlanması ile ilgili teknik ve yöntemleri içeren bir bilim dalıdır (Saraçbaşı ve Kutsal, 1987). Johnson (1987) istatistiği, sayısal verilerin toplanması, sınıflandırılması, sunulması ve yorumlanmasını konu alan bir bilim dalı olarak tanımlamaktadır. Linquist'e (1989) göre istatistik, bilimsel yöntemlerle toplanmış verilerin anlamlı hale getirilmesinde kullanılan matematiksel bir tekniktir. Heiman (1996) ise istatistiği hem verilerin analiz edilmesinde kullanılan istatistiksel yöntemler, hem de bu yöntemlerden elde edilen yanıtlar olarak görmektedir. Kısaca istatistik, araştırma sorularını yanıtlamak ya da araştırma hipotezlerini test etmek için kullanılan yöntemler ve teknikler olarak tanımlanabilir (Köklü vd., 2007)

Her araştırmacı, çalışmasının sonuçlarını değerlendirmesinde objektif olabilmek için istatistiki analiz yapmak ve bunlara dayanarak sonuçlarını karşılaştırmak ister. Araştırmacılar, Yüksek Lisans ve Doktora öğrencileri gerek araştırma projeleri gerekse tez çalışmalarında bir denemenin kurulması, yürütülmesi, verilerin elde edilmesi, değerlendirilmesi, yorumlanması aşamalarından geçmektedirler. Büyük paralar, zaman, işgücü, emek harcanarak yapılan bir araştırmadan; en doğru yöntemler uygulanarak ve de verilerin içerisindeki bilgilerin tamamı gün ışığına çıkarılarak en yüksek yarar sağlanabilir. Bu nedenle her araştırmacı verilerinin değerlendirilmesinde objektif olabilmek için istatistiki analiz yaparak, çalışmasını yorumlamalıdır (URL 1)

SPSS bilimsel çalışmalarda en yaygın kullanılan istatistiksel analiz programıdır. Bu yazılım kullanılarak veriler arasındaki ilişki istatistiksel anlamda elde edilmektedir.

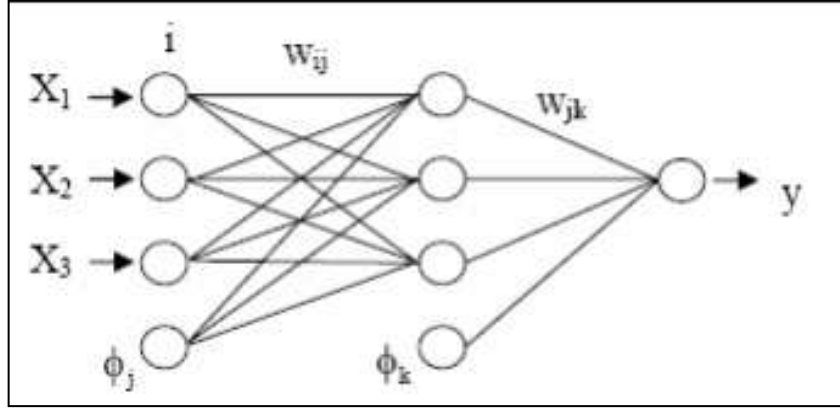
3.3.Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA) kavramı beynin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri olarak ortaya çıkmış ve ilk çalışmalar beyni oluşturan nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. YSA, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilmiştir. Bı şekilde insanoğluna özgü yaşayarak öğrenme yeteneğini bilgisayar ortamına taşıyabildiği düşünülen YSA teknolojisi birçok avantaj sunmaktadır (Efe ve Kaynak, 2000).

YSA, insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığı ile birbirine bağlanan işlem elemanlarından oluşan paralel bilgi işleme yapılarıdır. YSA'ların öğrenme özelliği, araştırmacıların dikkatini çeken önemli özelliklerinden birisidir. Çünkü herhangi bir olay hakkında girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiyi, doğrusal olsun veya olmasın, elde bulunan mevcut örneklerden öğrenerek daha önce hiç görülmemiş olayları, önceki örneklerle ilişkilendirerek ilgili olaya çözümler üretebilme özelliği YSA'lardaki zeki davranışın da temelini teşkil eder (Dere, 2009).

Yapay sinir ağları, giriş ve çıkış veri kümelerini kullanarak sistem davranışını öğrenebilen esnek bir matematik modelleme yöntemidir. Yapay sinir ağları herhangi bir problem hakkında girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiyi (doğrusal olsun veya olmasın), mevcut örneklerden genelleme yaparak daha önce hiç görülmemiş veya uygulanmamış olan örneklerle kabul edilebilir çözümler üretir. Öğrenme yeteneği, kolayca farklı problemlere uygulanabilirliği, genelleme yapabilmesi, daha az bilgi gerektirmesi, paralel yapılarından dolayı hızlı çalışabilme yeteneği ve kolay bir şekilde uygulanabilmesi gibi pek çok avantajından dolayı yapay sinir ağları mühendisliğin pek çok alanında farklı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Genellikle bir yapay sinir ağı girdi, gizli ve çıktı tabakaları olmak üzere üç birimden oluşmaktadır. Girdi ve çıktı tabakasında çözülecek problemdeki girdi ve çıktı sayısı kadar nöron bulunur. Gizli

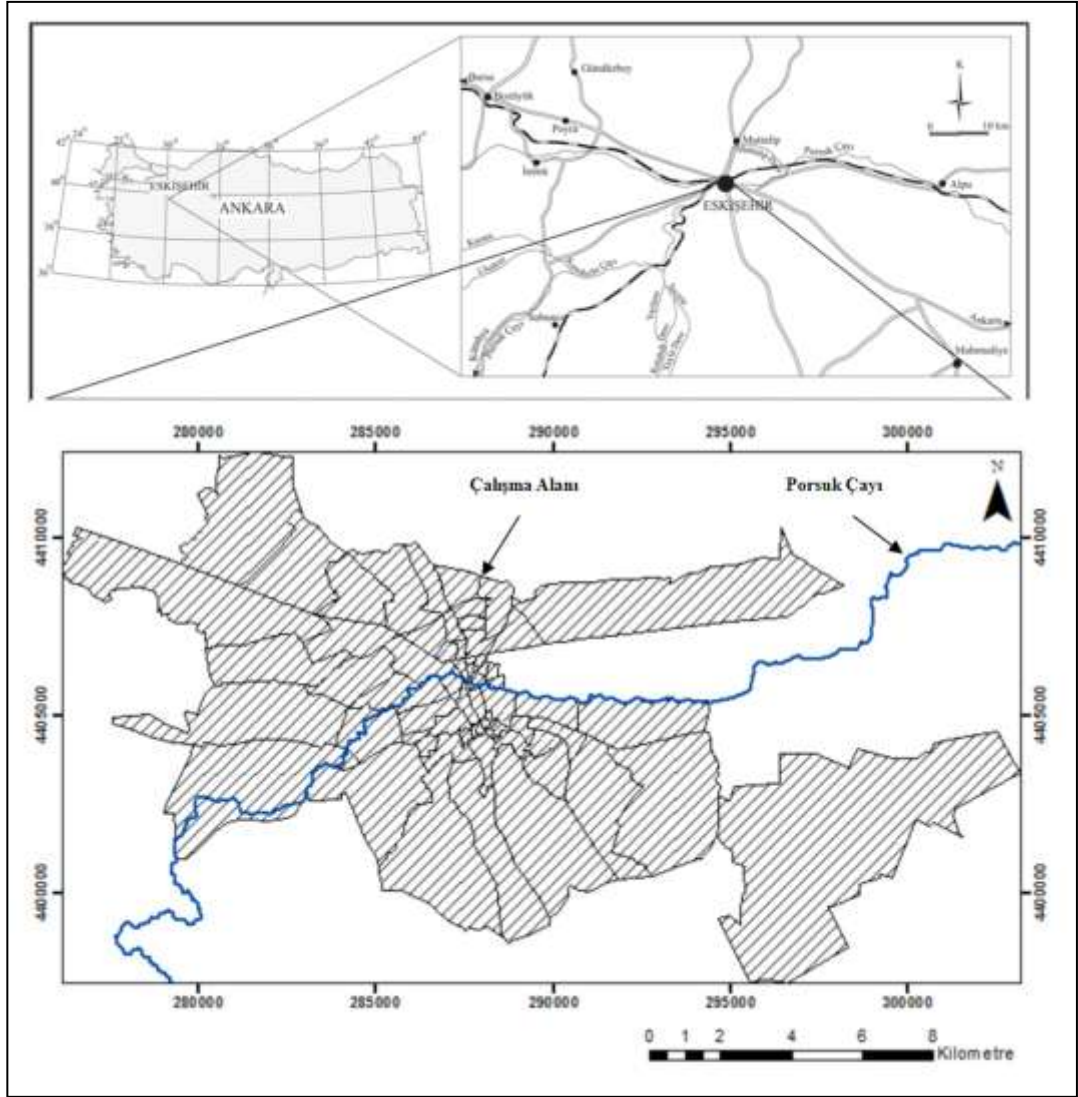
tabakadaki nöron sayısının belirli bir sistematığı bulunmamaktadır. Bu tabakadaki nöron sayısı deneme yanılma yolu ile belirlenir (Fauset, 1994) (Uygunoğlu ve Yurtçu, 2006). Şekil 2’de tipik bir üç tabakalı yapay sinir ağının yapısı görülmektedir (Uygunoğlu ve Yurtçu, 2006).



Şekil 3. 3. Yapay Sinir Ağlarının yapısı (Uygunoğlu ve Yurtçu,2006).

4. ÇALIŞMA ALANI GENEL ÖZELLİKLERİ

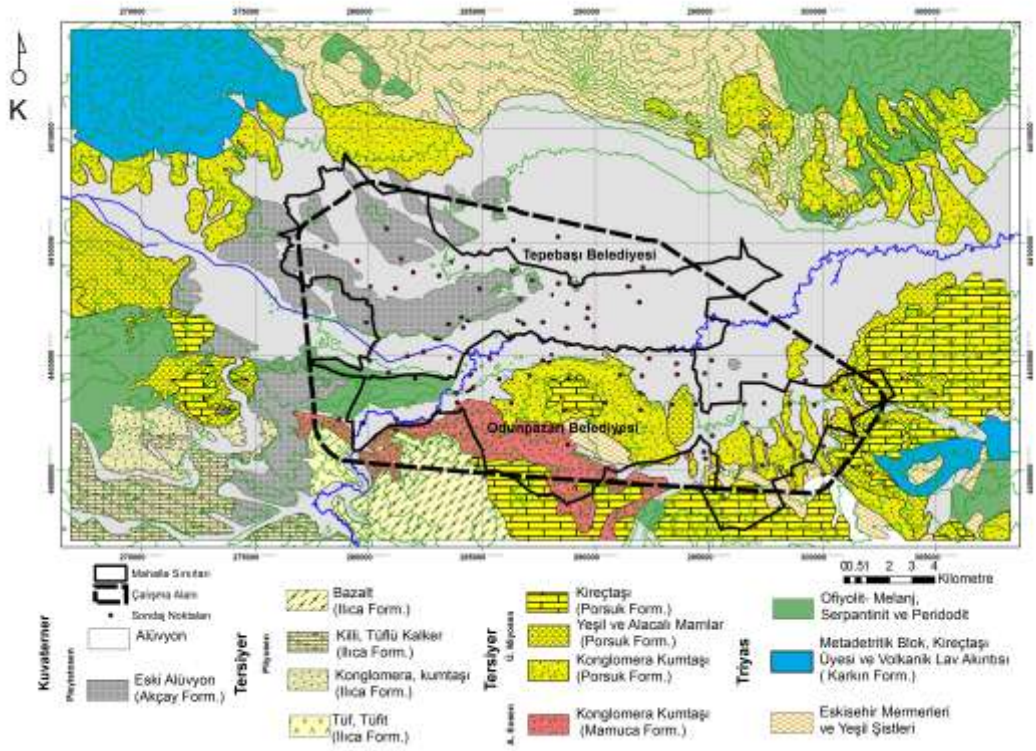
İnceleme alanı 1/25.000 ölçekli i25a4 pafta içerisinde olup, 4395000-4410000 kuzey enlemleri ile 275000-305000 doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Bölgede Eskişehir iline güneybatıdan giren ve şehrin merkezinden geçerek şehrin doğusundan çıkan Porsuk Nehri bulunmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

4.1. Çalışma Alanının Jeolojik Özellikleri

Eskişehir ovasının jeolojik özelliklerini belirlemek amacıyla bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmıştır. Tez çalışmasının bu kısmında, Gözler ve ark. (1996)'nın bölgenin jeolojisini belirlemeye yönelik yaptıkları çalışma ile Orhan (2005)'in doktora tezi çalışmasından yararlanılmıştır. Bu çalışmalara ek olarak Anadolu Üniversitesi'nin 080240 nolu Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında yapılan jeoloji çalışmalarında, Eskişehir Jeoloji haritası güncellenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4. 2. Eskişehir Jeoloji Haritası (MTA tarafından yapılan haritalardan ve DSİ Eskişehir ve İnönü Ovaları Hidrojeoloji Haritasından geliştirilmiştir (1976))

Bu çalışmalarda, Eskişehir ve çevresi genel anlamıyla beş formasyondan oluşmaktadır. Bu formasyonların yaşlıdan gence doğru sıralanmış hali şu şekildedir:

- Karkın Formasyonu(ofiyolitler)
- Mamuca Formasyonu
- Porsuk Formasyonu
- Ilıca Formasyonu
- Akçay Formasyonu

Karkın Formasyonu (Ofiyolitler)

Bu formasyonda gri, açık gri, siyah yeşil, haki yeşil renklerine sahip, metakonglomera, meta kumtaşı ve filitlerden oluşan Alt karbonifer-Üst Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları ve kristalize kireçtaşı bloklarından oluşan metadetritikler;

yeşil, açık yeşil, morumsu, peöbe renklerde, spilit-diyabaz-bazalt oluşumları ve bunların hafif metamorfizmaya uğramış eşdeğerleri bulunmaktadır. Bu formasyonun yaklaşık Eskişehir istifinde kalınlığı 100-150 m kadardır. Peridotitler genel olarak koyu yeşil ve yeşilin farklı tonlarında gözlemlenir. Özellikle tektonik zonlarda yığın olarak serpantinleşmelere rastlanmaktadır(Tokay ve Altunel, 2005).

Mamuca Formasyonu

Bu formasyonda mor, kırmızı, şarabi, gri ve boz renklerde konglomera ve kumtaşlarıyla başlayan birim üzerinde yeşil renkli killi killer görülmektedir. Üst seviyelere doğru sarımsı boz renklerde zengin bir bentonik foraminifer topluluğuna sahip kil, arakatkılı, killi, kumlu kireçtaşları ile son bulmaktadır. (Gözler ve ark. 1997). Mamuca formasyonu üç üyeden oluşmaktadır. Bunlar, Konglomera-Kumtaşı Üyesi, Kil-Marn Üyesi ve Kireçtaşı Üyesidir (Orhan,2005).

Porsuk Formasyonu

Porsuk Formasyonu, konglomera, kumtaşı, bazalt akıntıları, tuf, tüfit, marn, kil, jipsli marn ve kil, jips ve kireçtaşlarından oluşan yaklaşık doğu- batı doğrultulu uzanan, genel olarak Porsuk Nehri boyunca yayılım gösteren birimdir (Orhan,2005). Gözler ve ark. (1996) çalışmalarında ise konglomera, kumtaşı, kilaşı, marn ve gölssel kireçtaşlarından meydana gelen akarsu ve gölssel çökellerden oluşan birimi Porsuk formasyonu olarak ayrıntılanmıştır. Birimler genel olarak koyu kırmızı, kahverengi, boz, sarımsı boz, gri, yeşilimsi gri renklerde. Genelde konglomera ve kumtaşlarının üzerinde, kireçtaşlarının alt kesimlerinde nispeten ince ara tabakalı yeşil, sarı, boz gibi renkler gösteren marn-kilaşı gözlenmektedir. Marn ve kilaşıları arasında da yer yer çok ince bantlar halinde kireçtaşları gözlenmiştir. Alttaki konglomera ve kumtaşlarıyla düşey ve yanal geçişli olarak bulunan birimin aralarında bazalt akıntıları görülmektedir (Gözler ve ark. 1997).

Ilıca Formasyonu

Yeşil, gri, alacalı, kırmızımsı kiremit renginde karasal ve gölsel konglomera ve kumtaşı ile başlayan birimi; siyah, koyu gri, yeşilimsi renklerde iri ve orta boyda volkanik kayaç parçası ve piroklastiklerden oluşan aglomera birimi takip etmektedir (Orhan, 2005). Genel olarak formasyon tabanında 1-10 m arasında değişen kalınlıkta Porsuk Formasyonu' na ait konglomera ve kumtaşları görülmektedir. Gri-koyu gri renkli, orta-kalın katmanlı agrolomeralar genelde orta boyda volkanik kayaç parçalarının tuf hamur malzemesiyle çimentolanması sonucu oluşmuştur. Andezitik-bazaltik bileşimli lavlar ise gri-koyu gri renkli, yer yer akma yapılı ve üst düzeyleri gözeneklidir (Tokay ve Altunel, 2005). Ayrıca bu formasyonda tuf-tüfit birimi; beyaz, sarımsı boz, pembe rde, çoğunlukla silisifiye olmuş, aralarında jel halinde silis akıntıları, silisleşmiş ağaç parçaları içeren birim kil ve marn birimleriyle yanal geçişli olarak görülmektedir (Orhan, 2005).

Akçay Formasyonu

Bu formasyon, daha yaşlı formasyonlara ait kil, silt, kum ve çakılların gevşek tutturulmasıyla oluşmuştur (Orhan, 2005). Akçay Formasyonu genel olarak eski alüvyon biriminden oluşmaktadır. Kuvaterner öncesi tüm litolojilerin değişik blok, çakıl ve kumlarıyla çamur ve şistlerden oluşmaktadır ve renkleri de buna bağlı olarak değişmektedir. Yer yer çapraz tabakalanma gösteren birim, gevşek malzemeden oluşmakta ve kalın tabakalanma göstermektedir. Temel kaya birimleri ve Orta-Üst Miyosen çökelleri üzerinde uyumsuz olarak bulunan formasyon yeni alüvyonla örtülmektedir. Birimin killi seviyelerinde bulunan omurgalı fosillere göre yaşı Erken Pleyistosen'dir (Gözler ve ark. 1997).Yeni alüvyon; Sarısu deresi ve Porsuk Çayı'nın getirdiği malzemelerden oluşmaktadır. Birim, Eskişehir havzasında geniş bir alanda görülmektedir.

Alüvyon

Porsuk Nehri ve Sarısu Deresi'nin getirdiği sedimanlar Eskişehir ilinin zeminini oluşturmuştur. Kuvaterner yaşlı bu Alüvyon içinde kil, silt, kum ve çakıl seviyeleri bulunmaktadır. Tamamen Alüvyon birimiyle örtülmüş halde bulunan çalışma alanında, genel olarak yüzeyden 5-6 m'ye kadar kil-silt seviyeleri bulunurken, 5-6m'den sonra ise kil-silt dereceli olarak azalarak, yerini kum ve çakıla bırakmaktadır. Yüzeyden itibaren 6 m'de bulunan kil-siltin büyük bölümü yüksek plastisiteli kil ve siltten oluşmakta; daha alt seviyelerde ise killi-siltli kum bulunmaktadır (Akdeniz ve ark. 2011). Orhan(2005) çalışmasında Meşelik mevkindeki killerin yüksek plastisite özelliğine sahip olduğunu, çoğunlukla kırmızı renklerde görüldüğünü öne sürmüşlerdir. Bu yüksek plastisiteli kil seviyesi Tosun ve ark. (2001) tarafından Meşelik Kili olarak adlandırılmıştır. Ovanın diğer kesimlerinde bulunan killer daha çok sarı ve bej renklerde.

4.2. Çalışma Alanının Hidrojeolojik Özellikleri

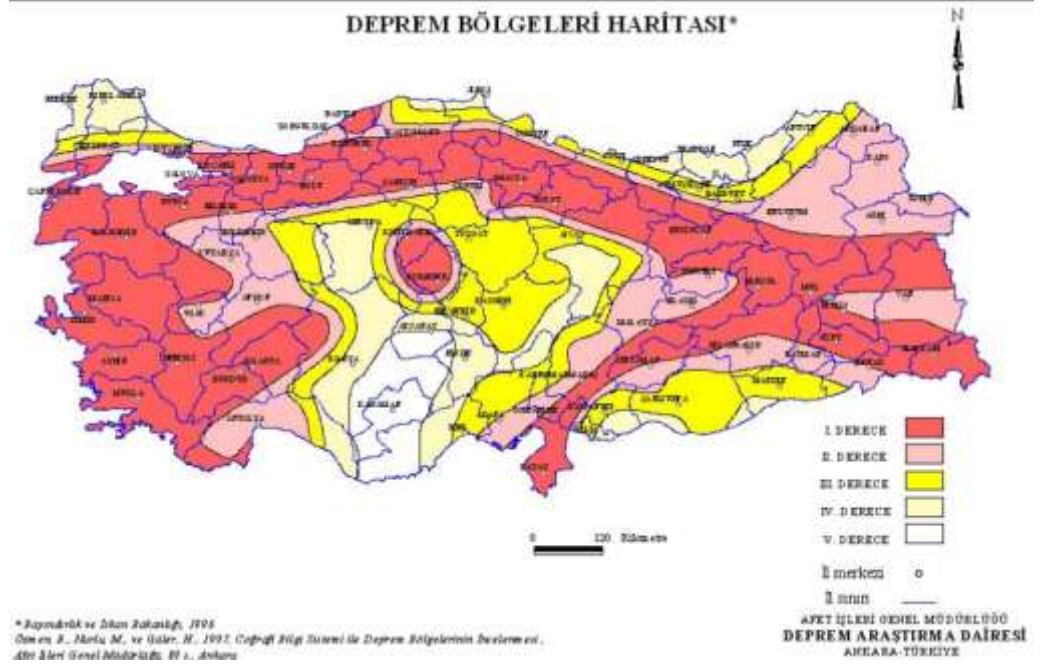
Eskişehir Ovası'nda yeraltı suyu seviyesi bölgenin en yağışlı dönemi olan bahar aylarında genel olarak 0.5-7.5 m arasında değişmekte olup, bazı lokasyonlarda 20-30 m derinliklerde de bulunabilmektedir. Yağışın en az olduğu yaz aylarında ise, yeraltı suyu seviyesi 2-13 m arasında değişmektedir. İnceleme alanının kuzeybatısında yüzeylenen Pleyistosen yaşlı Akçay formasyonu içinde yeraltı suyu seviyesi daha derinde iken, alüvyon içerisinde 5-6 m arasında değişmektedir. Ova genelinde Nisan-Mayıs ve Temmuz-Ağustos aylarında yeraltı suyu seviye değişimi 0.1-1.5 m arasında olmasına karşın, Eskişehir il merkezinin bulunduğu kesimlerde yeraltı suyu seviyesindeki değişim 0.1-0.5 m arasında bulunmaktadır Çalışma alanında yeraltı suyunun konumu genel olarak Porsuk Çayı tarafından kontrol edilmektedir (Tosun ve Orhan, 2007).

4.3. Çalışma Alanının Depremselliği ve Tektonik Durumu

Türkiye, önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağında yer almaktadır. Bu tektonik konumu nedeniyle Türkiye, güneyde kuzey ve kuzeybatıya hareket eden Afrika ve Arap plakaları ile kuzeydeki Avrasya plakaları arasında yer almaktadır. Bu plakaların sıkıştırması sonucu batıya doğru kaçmaya zorlanan Anadolu plakasının hareketi nedeniyle Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Ege Graben Sistemleri ve Güneydoğu Anadolu Bindirme kuşağı gibi aktif tektonik yapılar oluşmuştur.

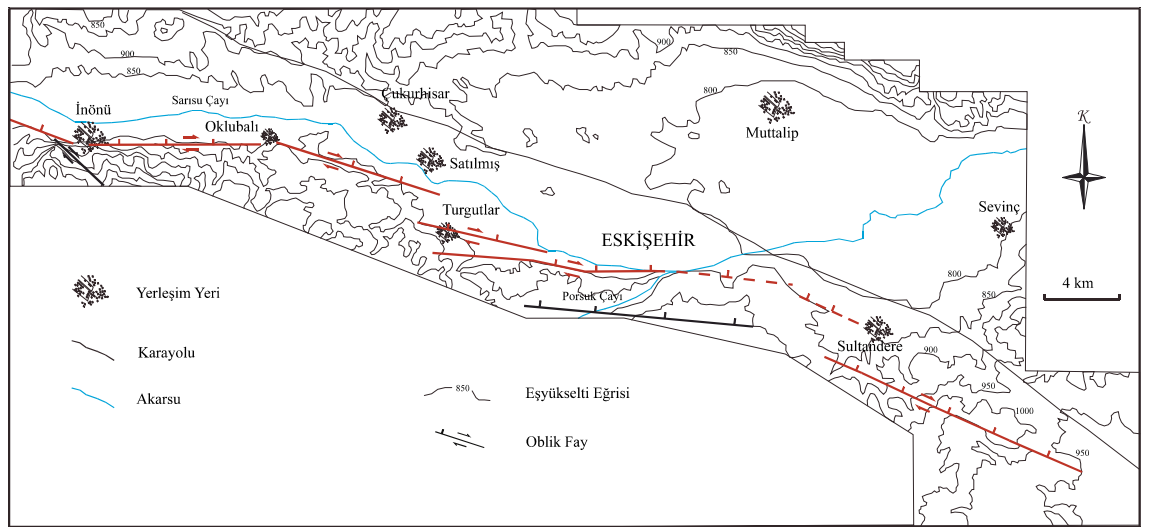
Türkiye’de 1900-1999 yılları arasında 131 tane hasar yapan deprem meydana gelmiş ve bu depremler 398.331 binanın yıkılması veya ağır hasara uğramasına ve 65.662 insanın ölmesine neden olmuştur. Bu rakamlar bize son yüzyıllık dönemde Türkiye’de ortalama her 8 ayda bir hasar yapan bir depremin oluştuğunu göstermektedir. Hasar yapan depremler ortalama olarak her yıl 4.024 binanın yıkılmasına ve 664 insanın ölmesine neden olmaktadır (Özmen ve Nurlu, 1999).

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1972 yılından beri yürürlükte olan Deprem Bölgeleri Haritası’nın yerine 1996 yılında yeni bir harita yayımlamıştır. Bu haritaya göre Türkiye 5 bölgeye ayrılmıştır (Şekil 4.3). Yer ivmesinin ≥ 0.40 g olması beklenen bölgeler I. Derece, 0.30-0.40 g arasında olması beklenen bölgeler II. Derece, 0.20-0.30 g arasında olması beklenen bölgeler III. Derece, 0.10-0.20 g arasında olması beklenen bölgeler IV. Derece ve 0.1 g’den küçük olması beklenen bölgeler V’inci derece bölge olarak belirlenmiştir (Özmen ve Nurlu, 1997). Eskişehir ili Türkiye Deprem Bölgeleri haritasına göre II. Derece deprem bölgesidir.



Şekil 4. 3. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası [60]

Eskişehir ili Triyas sonunda kapanan Tetis okyanusunun meydana getirdiği tektonizma sonucu oluşan İzmir-Eskişehir-Ankara zonunda kalmaktadır. Bu tektonizmalar sonucu Eskişehir’de bir fay zonu meydana gelmiştir. Bu fay zonu İnönü-Okclubalı-Turgutlar-Sultandere hattı boyunca ilerler (Şekil 4.4). Eskişehir fay zonu Sultandere ile İnönü arasında birbirini takip eden segmentler halinde devam etmektedir (Altunel ve Barka, 1998).



Şekil 4. 4. Eskişehir ve Çevresinin Tektonik Haritası (Altunel ve Barka, 1998)

Eskişehir fay zonunda İnönü-Çukurhisar segmenti ve Turgutlar-Eskişehir segmenti olmak üzere iki adet segment bulunur. İnönü-Çukurhisar segmenti; İnönü-Oklubalı arasında doğu batı doğrultulu uzanırken, Oklubalı-Turgutlar arasında BKB-DGD doğrultulu uzanmaktadır. Fay, İnönü'nün güneyinde iki kola ayrılmaktadır. K142° doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı güney kol Triyas yaşlı kireçtaşlarında yaklaşık dik bir yüzey oluşturur ve bu yüzeydeki fay çiziklerinin hemen hemen yatay olması bu kol üzerindeki hareketin sadece doğrultu boyunca olduğunu, yani hareketin normal bileşeninin olmadığını göstermektedir. Fay, Çukurhisar'ın güneyinde kuzeye eğimli yayvan bir topoğrafya sunan Miyosen birimlerinde 1 m ile 3 m arasında değişen topografik farklılıklar oluşturur (Altunel ve Barka, 1998).

Ayrıca bindirme fayları, normal faylar ve doğrultu atımlı faylar olmak üzere 3 türlü fay sisteminin bulunduğu işaret edilmektedir (Gözler ve ark. 1996). Tüm bu çalışmalar göz önünde alındığında, çalışma alanı ve çevresinde gözlenen faylar içinde sadece Eskişehir'in güneyinden geçen, Eskişehir fay zonunun aktif olduğu görüşü araştırmacılar tarafından kabul edilmektedir (Koçyiğit, 2005).

4.4. Çalışma Alanının Zemininin Geo-Mühendislik Özellikleri

4.4.1.Zeminlerin Yayılımı

Porsuk Çayı Eskişehir il merkezine girmeden il merkezinin güneybatısında Sarısu deresi ile birleşmektedir. Bu iki derenin getirdiği sedimanlar Eskişehir ilinin zeminini oluşturmaktadır. Tez çalışması kapsamında değerlendirilen sondaj sonuçları incelendiğinde, çalışma alanındaki Alüvyon içindeki malzemenin kil, silt, kum ve çakıldan oluştuğu görülmektedir. Bu değerlendirme detaylandırıldığında ise, inceleme alanında genel olarak 5-6 m' ye kadar yüksek plastisiteli kil-silt mevcuttur, bu 5-6m'den sonra ise kil-silt dereceli olarak azalırken yerini kum ve çakıla bırakmaktadır. Yüzeyden itibaren 6 m' de bulunan kil-siltin büyük bölümü düşük plastisiteli kil ve silt olurken alt seviyelerde killi-siltli kum bulunmaktadır (Akdeniz ve ark. 2011).

Çalışma alanındaki şehir merkezindeki yerleşimin temel zemininin genel olarak çok değişken olmayan bir profile sahip olduğu görülmektedir. Yüzeyde yer alan bitkisel toprağın hemen altında ince taneli zemin tabakası bulunmaktadır. Yanal yönde yer yer değişken özellikler gösterebilen bu zemin tabakası altında sıkı iri taneli zemin yer almaktadır. İnceleme alanının güney bölümünde, ince taneli zeminin doğrudan sedimanter kayalar üzerine yerleştiği görülmektedir (Orhan, 2005).

İnceleme alanının kuzeyinde yer alan alüvyon zemin, nehir çökeli ve güney doğuya doğru taşkın çökeli şeklinde oluşmuştur. Güneyde yer alan ve yüzeylenen ince taneli zeminin ise, taraça şeklinde oluştuğu görülmektedir. Bu zemin şehir merkezine doğru yüksek plastisiteli zeminden, düşük plastisiteli zemine dönüşmekte, silt miktarı artmakta ve alttaki sıkı kum-çakıl zemine göreceli bir geçiş yapmaktadır (Orhan, 2005).

5. MATERİYAL ve YÖNTEM

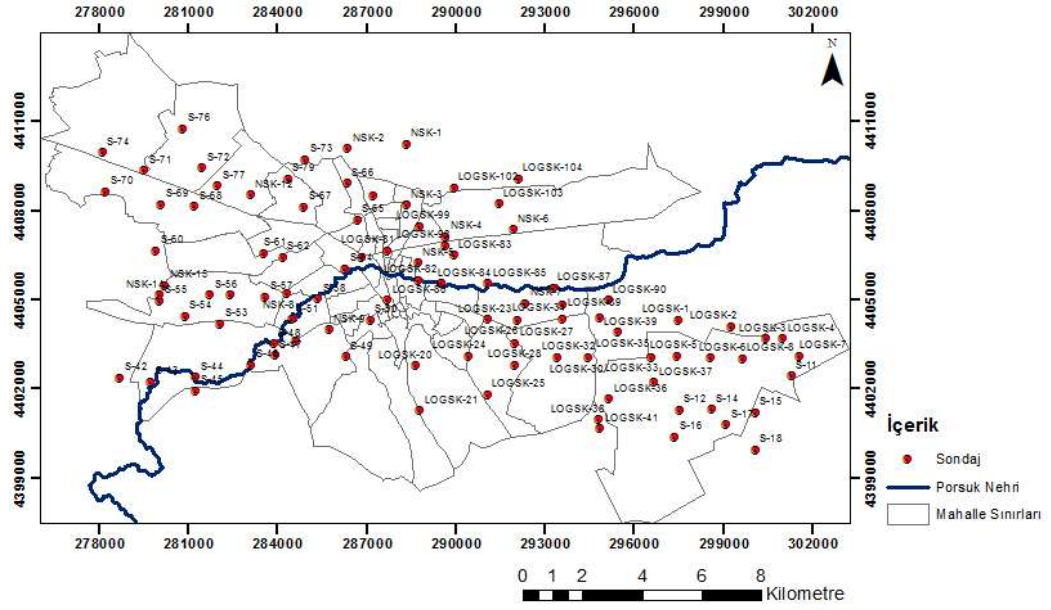
Bu tez çalışması'nda toplam 96 adet sondaj değeri'nden hesaplanan Vs değerleri CBS teknikleri ve SPSS programı ile değerlendirilmiştir. Eskişehir zeminine ait gerçek vs değerleri kullanılarak, YSA'nda tahmini modeller oluşturulmuştur.

5. 1. Materyal

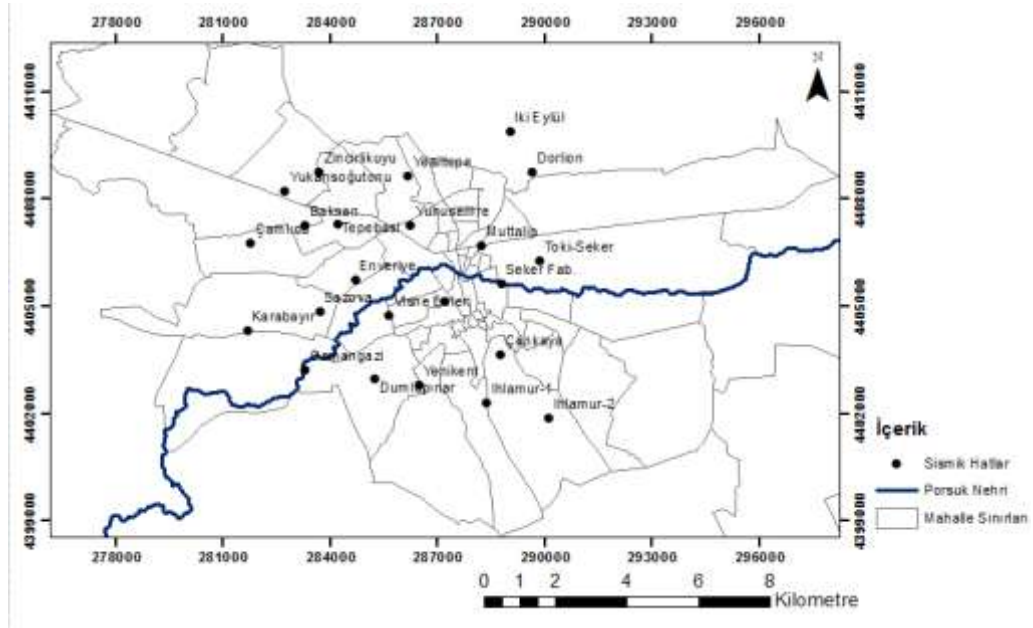
Çalışma kapsamında çeşitli bilim adamları tarafından SPT-N değerinden zeminin kayma dalgası hızının belirlenebilmesi için literatürde önerilen ampirik yaklaşımların CBS ortamında Mesafenin Tersisi ve Kriging yöntemine göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında literatürde tüm zeminler için verilmiş olan 17 ampirik yaklaşım kullanılmıştır. Bu ampirik yaklaşımlar için 96 adet 30 m derinliğe sahip sondaj ve 23 adet sismik yöntemlerle belirlenmiş zemine ait gerçek Vs değerleri kullanılmıştır (Şekil 5.1, 5.2). Çalışmada her bir sondaj için bütün yaklaşımlar ayrı ayrı değerlendirilerek, 0-10 m Vs değerlerinin ağırlıklı ortalaması, 10-30 m Vs değerlerinin ortalaması, 0-30 m Vs değerlerinin ortalaması alınarak haritalanmıştır.

Çalışma kapsamında, değerlendirilen ampirik formüller için Eskişehir zemininde Meer Projesi kapsamında yapılmış olan 30 m derinliğe sahip 81 adet sondaj ile Anadolu Üniversitesi 080240 nolu Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında yapılan 30 m derinliğe sahip 15 adet sondajın SPT N değerleri kullanılmış, her bir ampirik yaklaşım için 30 m derinliğe kadar Vs hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalarda 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m değerlerinin ağırlıklı ortalaması alınarak, elde edilen değerler CBS'nde haritalanmıştır. Bu haritalama için 2 farklı Geoistatistiksel Metot kullanılmıştır. Bu metotlar, Mesafenin Tersisi ve Kriging yöntemleridir. Bu metotlar kullanılarak elde edilen haritalarda en iyi ampirik yaklaşımın belirlenebilmesi için, Mutlu (2012)'nin yüksek lisans tez çalışması kapsamında Eskişehir zemini için 23 ayrı noktada belirlemiş olduğu gerçek Vs değerleri kullanılmıştır (Şekil 5.2). Çalışmanın YSA kısmında, gerçek Vs değerlerinin X, Y koordinat değerleri, sondaj sırasında yapılan SPT

deneyinden elde edilen SPT-N değerleri ile Eskişehir zeminine ait gerçek Vs değerleri kullanılmıştır.



Şekil 5. 1. Çalışma Alanı Sondaj Lokasyon Haritası



Şekil 5. 2. Çalışma Alanı Sismik Hat Lokasyon Haritası

5.2. Yöntem

5.2.1. Literatürde SPT-N'e Bağlı Vs Hesabı Önerilen Ampirik Yaklaşımların CBS Kullanılarak Değerlendirilmesi

Tez çalışmasında, 30 m derinliğe sahip 96 adet sondaj değerlerinden elde edilen SPT-N sayılarından literatürde tüm zeminler için verilmiş olan 17 adet ampirik yaklaşım dikkate alınarak, tüm sondajlar için Vs hesapları yapılmıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Literatürde yer alan SPT-N ile Vs arasındaki ampirik korelasyonlar

Tüm Zeminler için Vs (m/sn)	
Kanai (1966)	$V_s=19N^{0,6}$
Imai ve Yoshimura (1970)	$V_s=76N^{0,33}$
Ohba ve Toriumi (1970)	$V_s=84N^{0,31}$
Fujiwara (1972)	$V_s=92.1N^{0,337}$
Ohsaki ve Iwasaki (1973)	$V_s=81.4N^{0,39}$
Imai vd. (1975)	$V_s=89.9N^{0,341}$
Imai (1977)	$V_s=91N^{0,337}$
Ohto ve Goto (1978)	$V_s=85.35N^{0,348}$
Seed ve Idriss (1981)	$V_s=61.4N^{0,5}$
Jinan (1987)	$V_s=116.1(N+0.3185)^{0,202}$
Athanasopoulos (1995)	$V_s=107.6N^{0,36}$
Şişman (1995)	$V_s=32.8N^{0,51}$
İyisan (1996)	$V_s=51.5N^{0,516}$
Jafari vd. (1997)	$V_s=22N^{0,85}$
Kiku vd. (2001)	$V_s=68.3N^{0,292}$
Hasancebeci ve Ulusay (2007)	$V_s=90N^{0,309}$
Dikmen (2009)	$V_s=58N^{0,39}$

Tüm sondajlar için derinliğe bağlı olarak hesaplanan Vs değerlerinin ağırlıklı ortalaması alınarak, Eskişehir zeminini temsil eden 0-10, 10-30 ve 0-30 m

derinlikteki zeminler için CBS’inde Geoistatistiksel Analiz yöntemleri kullanılarak haritalar oluşturulmuştur.

5.2.2. SPSS Analizi

Yapılan istatistiksel bir analizde ele alınan örnekleme incelemenin temel amacı, doğrudan doğruya örneklem hakkında bilgi edinmek değildir. Örnekleme çalışmasının amacı, örneklemde elde edilen bilginin belirli bir güvenilirlikle evrene genellemesi, yani çıkarsama yapılmasıdır. Bu nedenle örneklem için betimleyici istatistiklerin (çalışmada nitel değişkenlerden dolayı oran ve yüzde kullanılmıştır) hesaplanmasıyla bir araştırmanın sonlandırılması düşünülemez (Çömlekçi, 2001). Çünkü örnekleme yapmanın amacı belirtildiği gibi evrene ilişkin bilgi sağlamaktır. Evrene ilişkin bilgi sağlamanın yolu ise nokta veya aralık kestirim yapmak ya da istatistiksel anlamlılık sınamaları uygulamaktır (Karagöz ve Ekici, 2004).

Korelasyon

Bağıntı, aralıklı ve orantılı düzeyde ölçülmüş iki ya da daha çok değişken arasında ilişki olup olmadığını, varsa yönünü ve gücünü göstermek amacıyla kullanılan analiz türüdür. Bağıntı için kullanılan sembol küçük r harfidir. Bu değer +1 ile -1 arasında olabilir. Eğer aralarında ilişki aranan iki değişken, aynı oranda artıyor ya da azalıyor ise r değeri artı yönde (pozitif bağıntı), eğer değerlerden biri artarken diğeri azalıyor ise r değeri eksi yönde olacaktır (Akbulut, Y., 2010).

Bağıntı katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını anlamak için p değeri (Sig.) hesaplanır. Günümüzde kullanılan bilgisayar programları bu değeri kolaylıkla hesaplayabilmektedir. Significant (p) değerinin 0.05’ten küçük olması verilerin arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (Akbulut, Y., 2010).

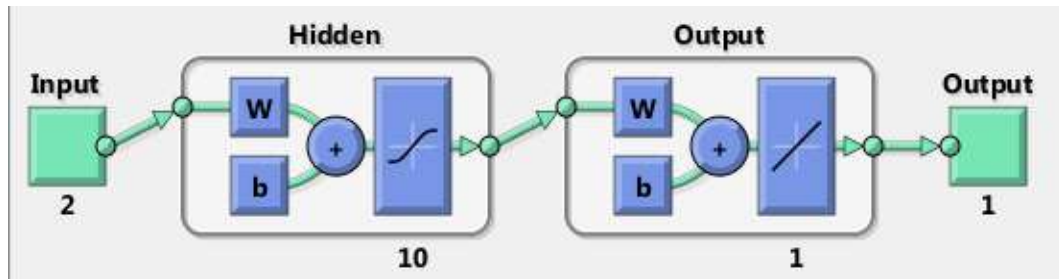
Pearson en çok kullanılan bağıntı katsayısı olup aralarında ilişki aranan iki değişkeninde ham puan olması koşulunu aramaktadır (Akbulut, Y., 2010).

Regresyon

Regresyon analizinde genellikle bir ya da daha çok sürekli değişkenin belirli bir sürekli değişkeni nasıl yordadığına ilişkin model oluşturur. Arasındaki ilişkiyi ortaya koyan regresyon katsayısı elde edilir (Akbulut, Y., 2010).

5.2.3. Yapay Sinir Ağları Yöntemi

Çalışmanın bu bölümünde yapay sinir ağlarında Eskişehir ili zemininde yapılmış olan 23 noktada ölçülen Vs hızlarının 0-10m, 10-30 m ve 0-30 m derinlikleri için tahminleme yapılarak, en iyi tahmini değerleri belirlenmiştir. Sisteme input ve output değerler tanımlanarak analiz yapılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5. 3. Çalışmada Kullanılan Yapay Sinir Ağları Modeli

Yapay sinir ağlarında oluşturulan Vs tahmini modeli sonucu yapılan analizler sırasında sismik hatların koordinatları X,Y, sondajların SPT ortalamaları input olarak, arazide sismik yöntemlerle belirlenen gerçek vs değerleri output olarak tanımlanmıştır (Tablo 5). Analiz sırasında 2 örnek test ve 5 örnek veri eğitim için ayrılmıştır. Sistem en az hata oranı verene kadar eğitilmiştir.

Çizelge 5.2. Geliştirilen YSA Modeli

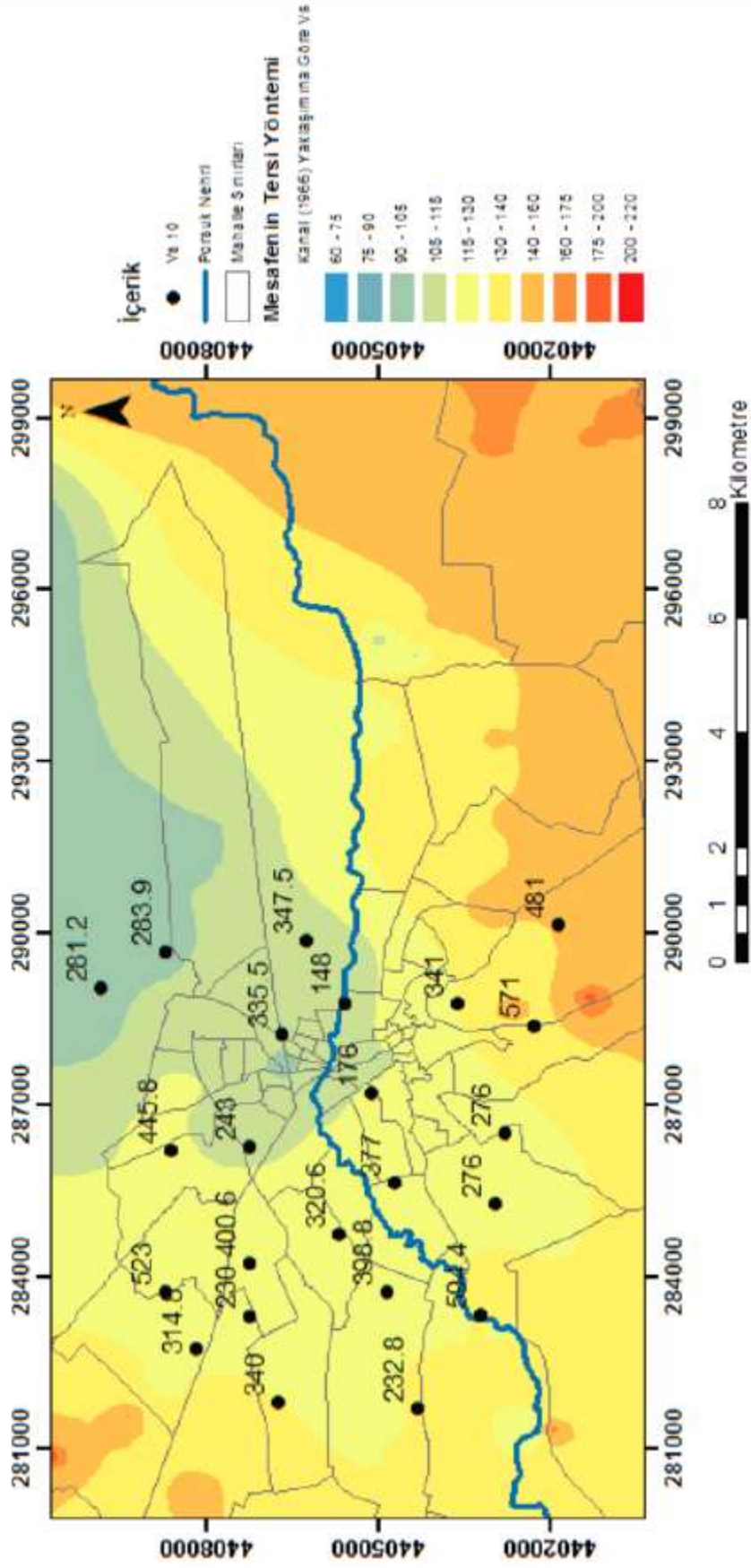
YSA input olarak tanımlanan veriler			YSA output olarak tanımlanan veriler
X	Y	SPT-N	Sismik yöntemlerle elde edilen Vs değerleri

6.ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLARI

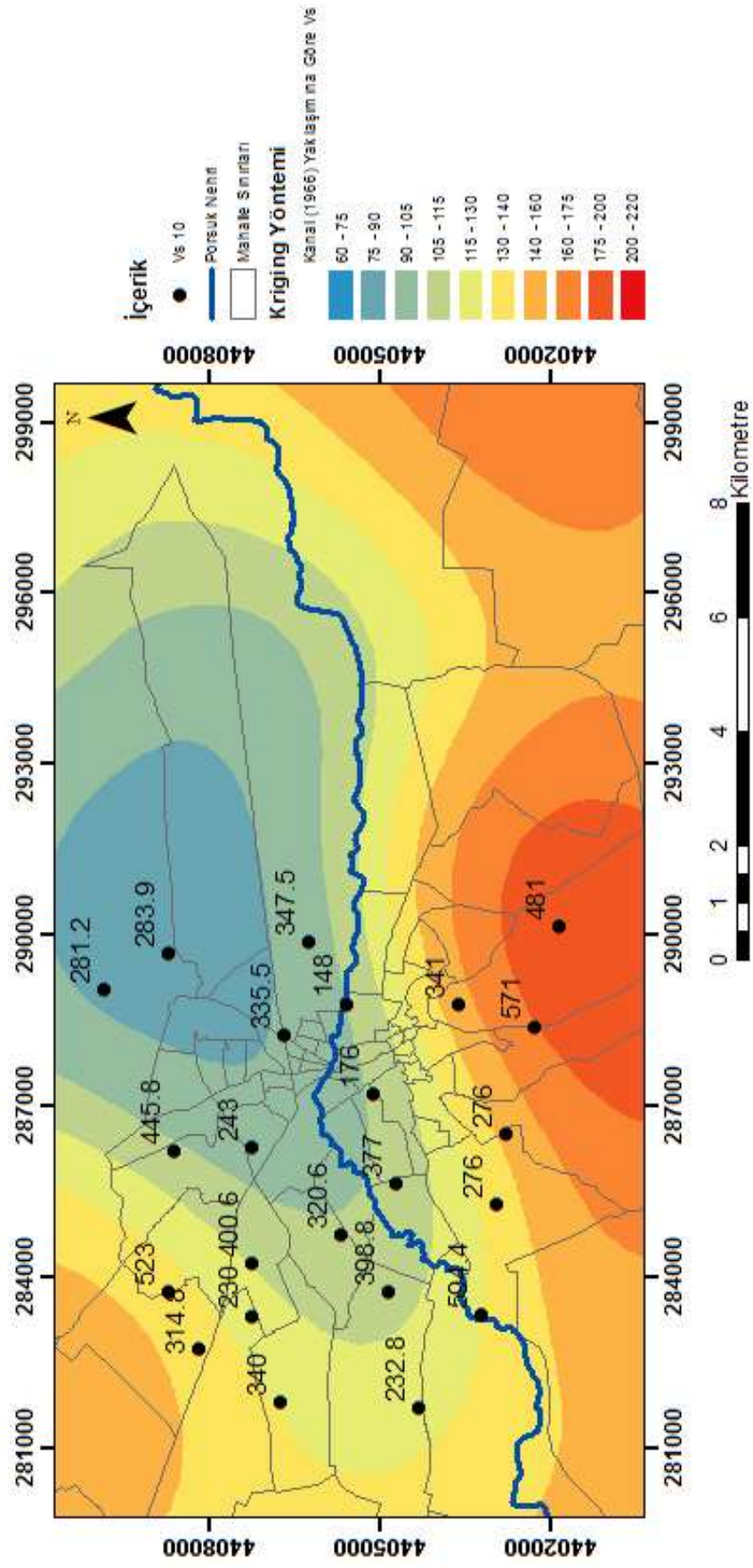
6.1. SPT-N'e Bağlı Hesaplanan Vs Değerlerinin CBS Teknikleri ile Haritalanması

6.1.1. Kanai Yöntemi

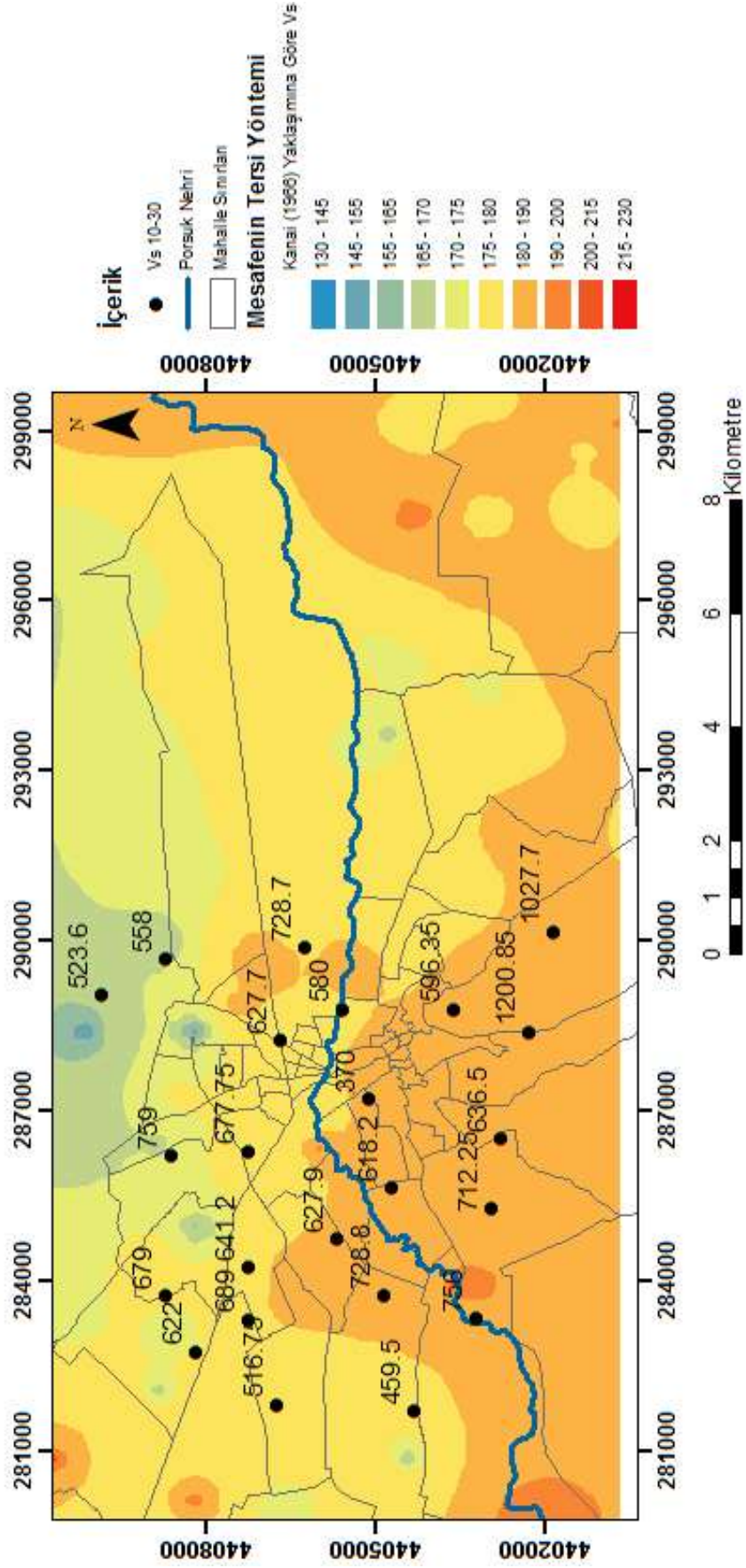
Kanai 1966 yılında yaptığı “Conf. on Cone Penetrometer The Ministry of Public Works and Settelement (Ankara, Turkey)” adlı çalışmasında, tüm zeminler için $V_s=19N^{0,6}$ ampirik yaklaşımını öne sürmüştür (Kanai, 1966). Bu ampirik yaklaşım göz önüne alınarak, Eskişehir zeminini temsil eden 0-10 m iderindeki zemin için SPT-N değerlerinden ağırlıklı Vs ortalaması, 10-30 m derinlikteki zemin için SPT-N değerlerinden ağırlıklı Vs ortalaması ve 0-30 m derinlikteki zemin için Vs ortalaması hesapları yapılarak, elde edilen veriler Mesafenin Tersisi ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır (Şekil 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6). Kanai'nin önermiş olduğu ampirik yaklaşıma göre 0-10 m, 10- 30 m ve 0-30 m derinlikleri için yapılan Vs haritaları incelendiğinde, yaklaşıma göre hesaplanan değerlerin alüvyon ve ana kaya zemini için arazide ölçülen değerlerden çok düşük değerler olduğu belirlenmiştir. Kanai (1966) yaklaşımına göre hesaplanan Vs değerleri min 66 m/sn'den max 220 m/sn arasında değişmektedir. Bu yaklaşıma göre, Eskişehir Jeoloji haritası göz önüne alındığında, ana kaya olan zeminlerde kayma dalgası hızının 220 m/sn olduğu görülmektedir. Ancak NEHRP'e göre zemin sınıflama kriterleri göz önüne alındığında, sağlam dayanıklı sert ana kaya olarak tanımlanan zeminlerde S dalgası hızının 760 m/sn'den az olmamalıdır. Bu nedenle Kanai (1966) yaklaşımı Eskişehir zemini için gerçeği yansıtmamaktadır.



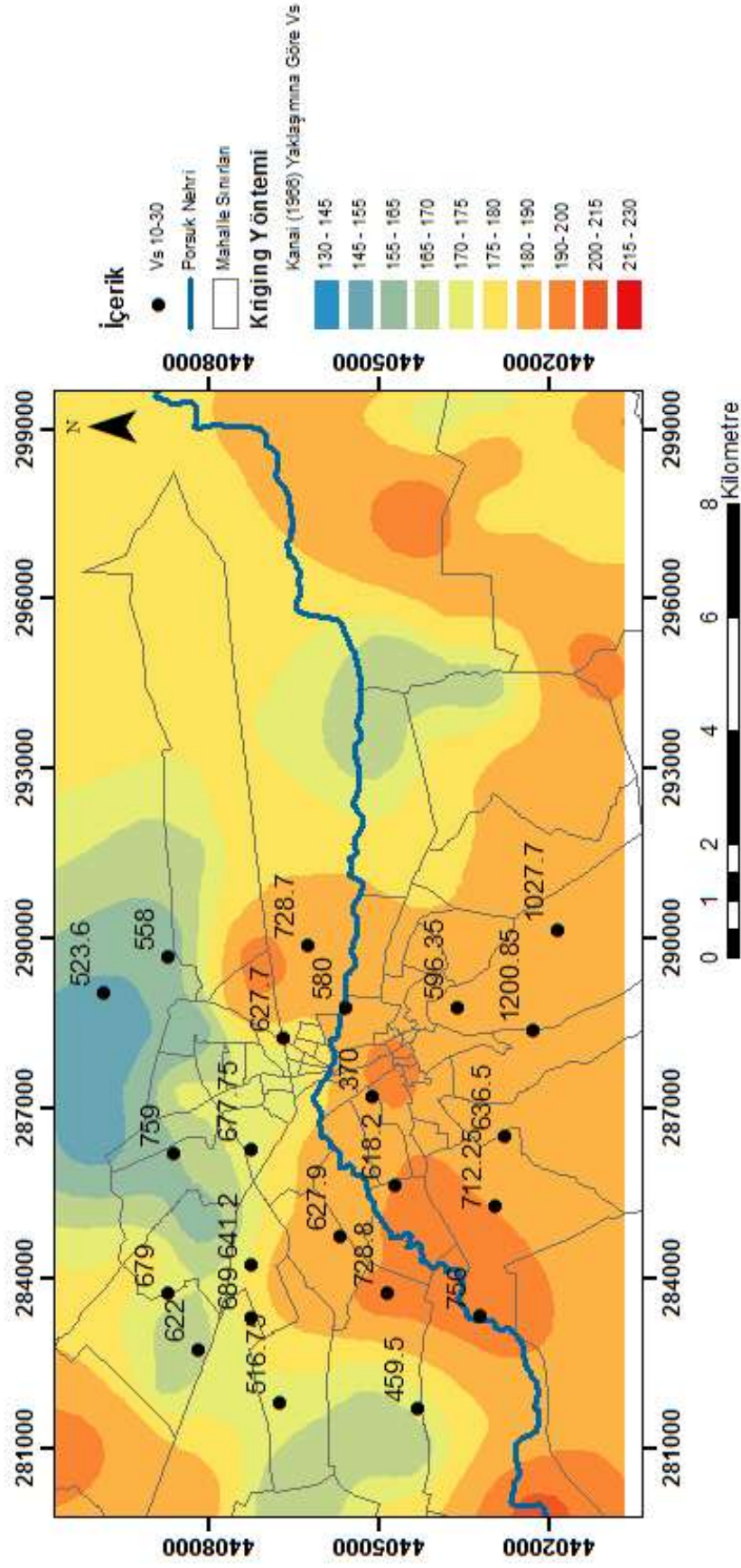
Şekil 6.1. 0-10 m derinlik için Kanai (1966) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



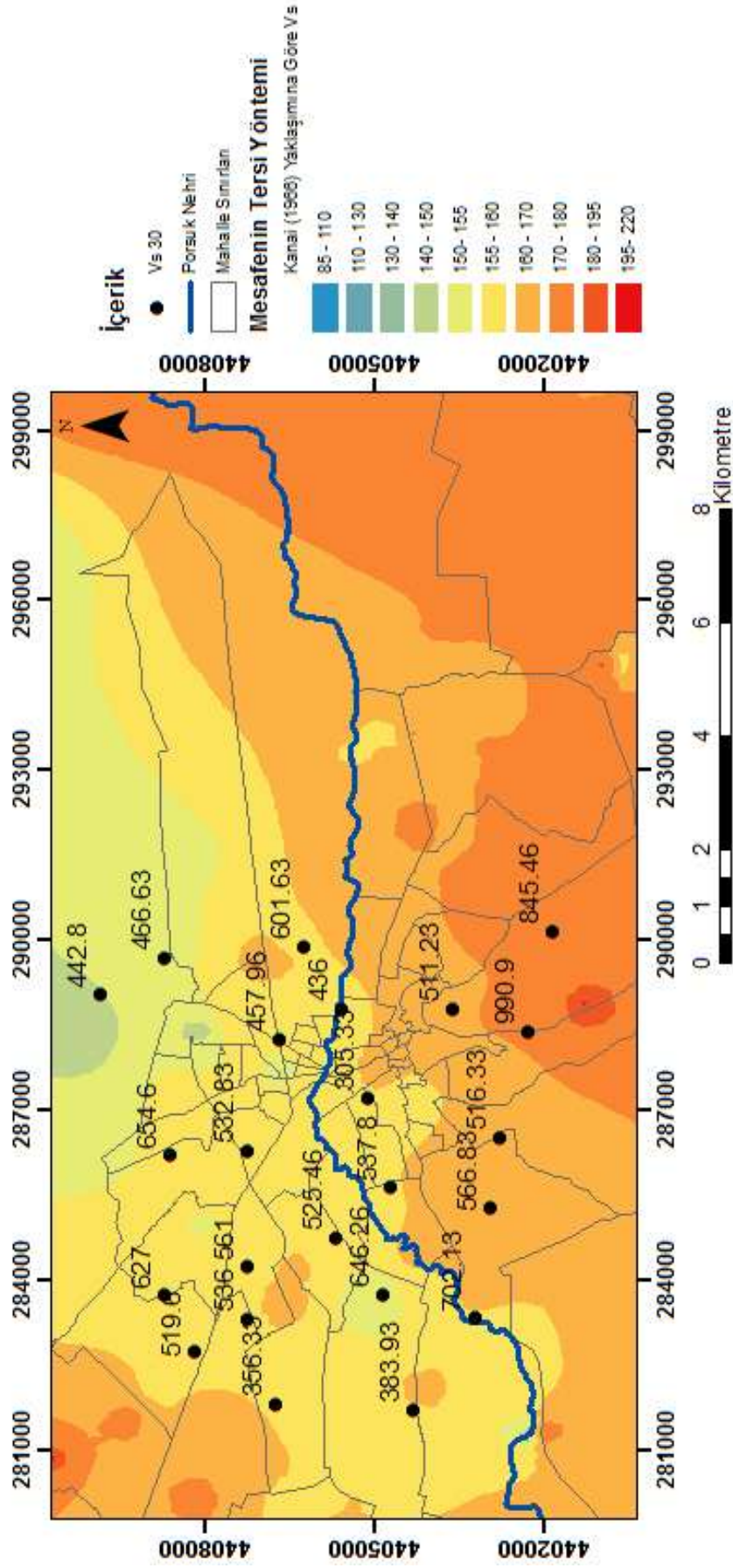
Şekil 6.2. 0-10 m derinlik için Kanai (1966) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



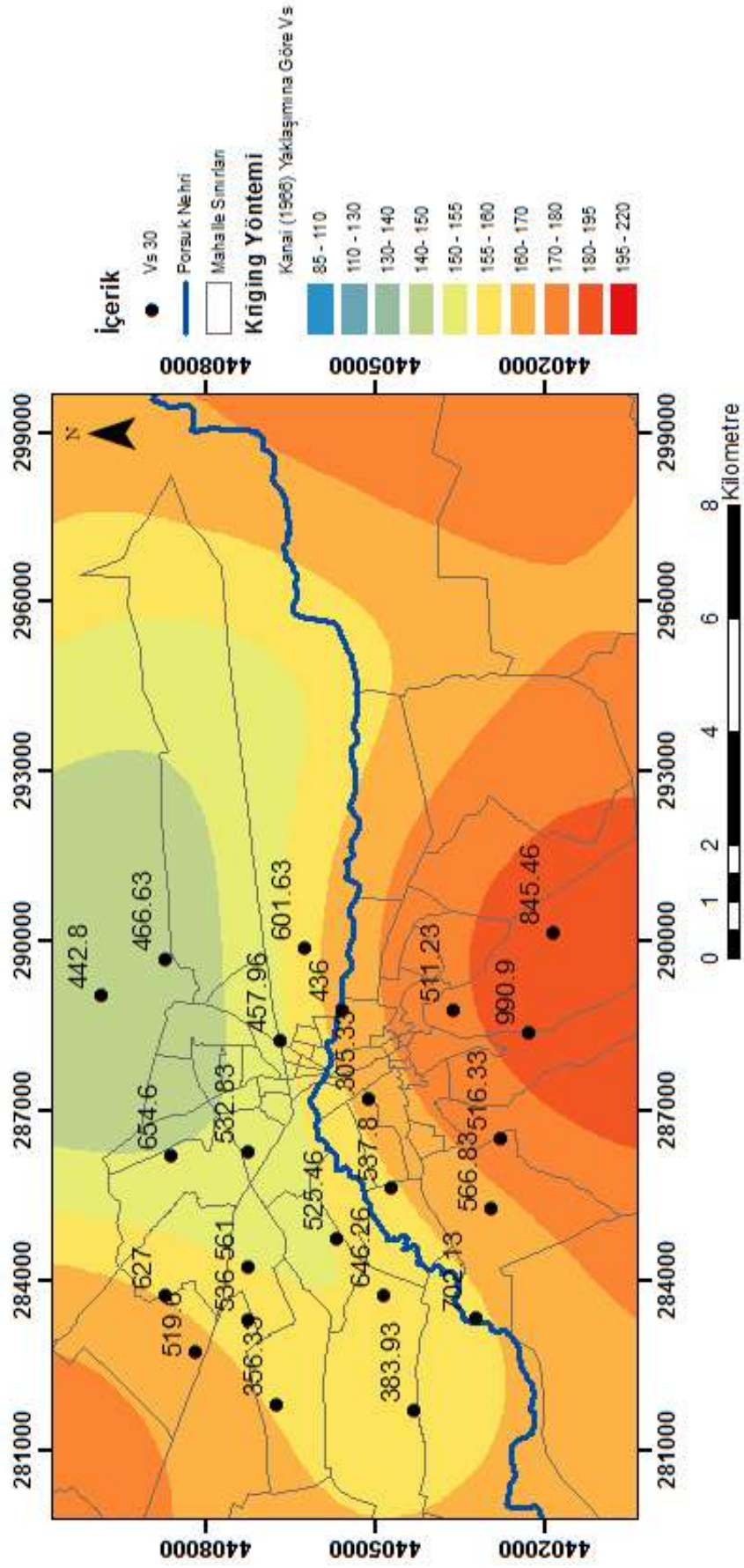
Şekil 6.3. 10-30 m derinlik için Kanai (1966) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



Şekil 6.4. 10-30 m derinlik için Kanai (1987) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



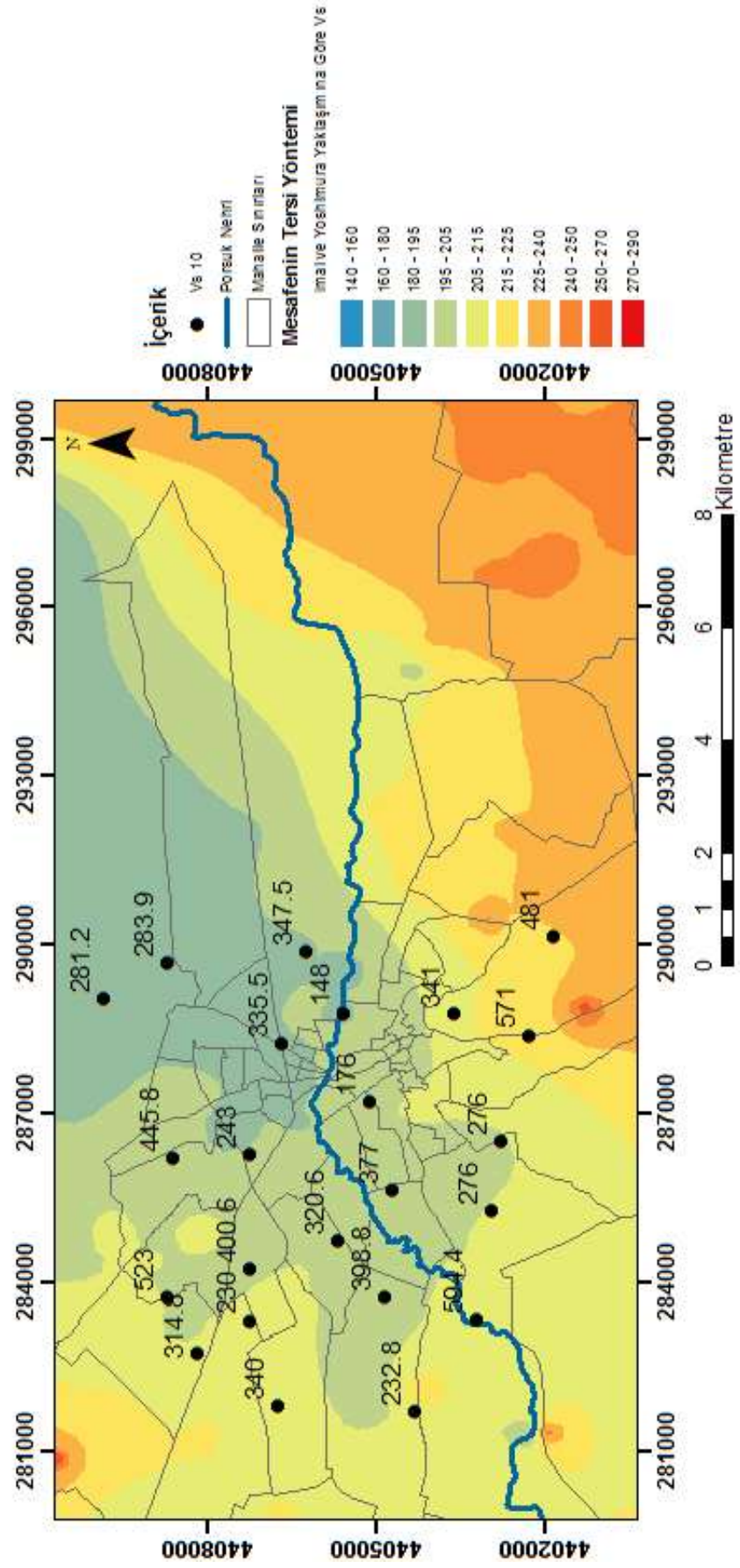
Şekil 6.5. 0-30 m derinlik için Kanai (1966) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



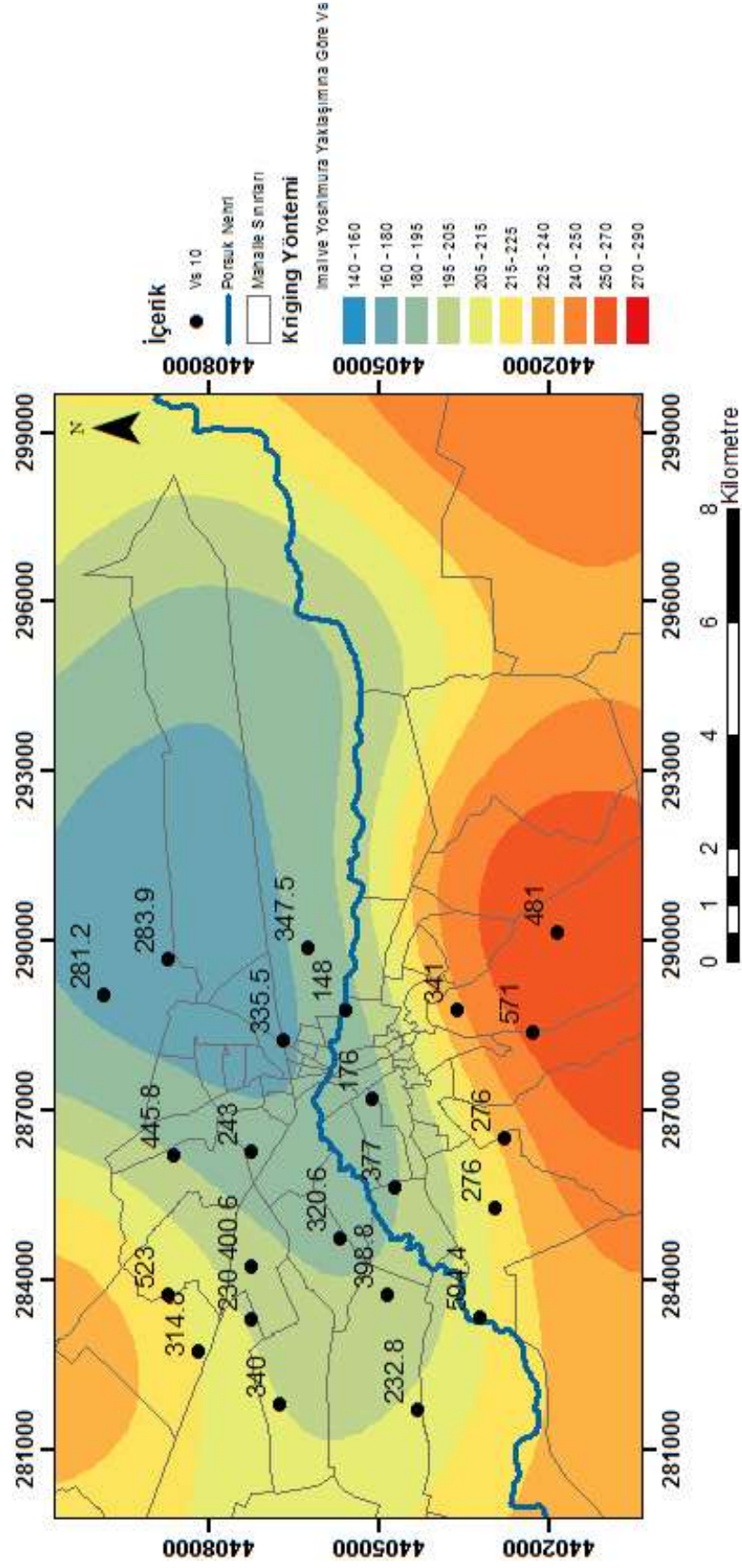
Şekil 6.6. 0-30 m derinlik için Kanai (1987) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası

6.1.2. Imai ve Yoshimura Yöntemi (1970)

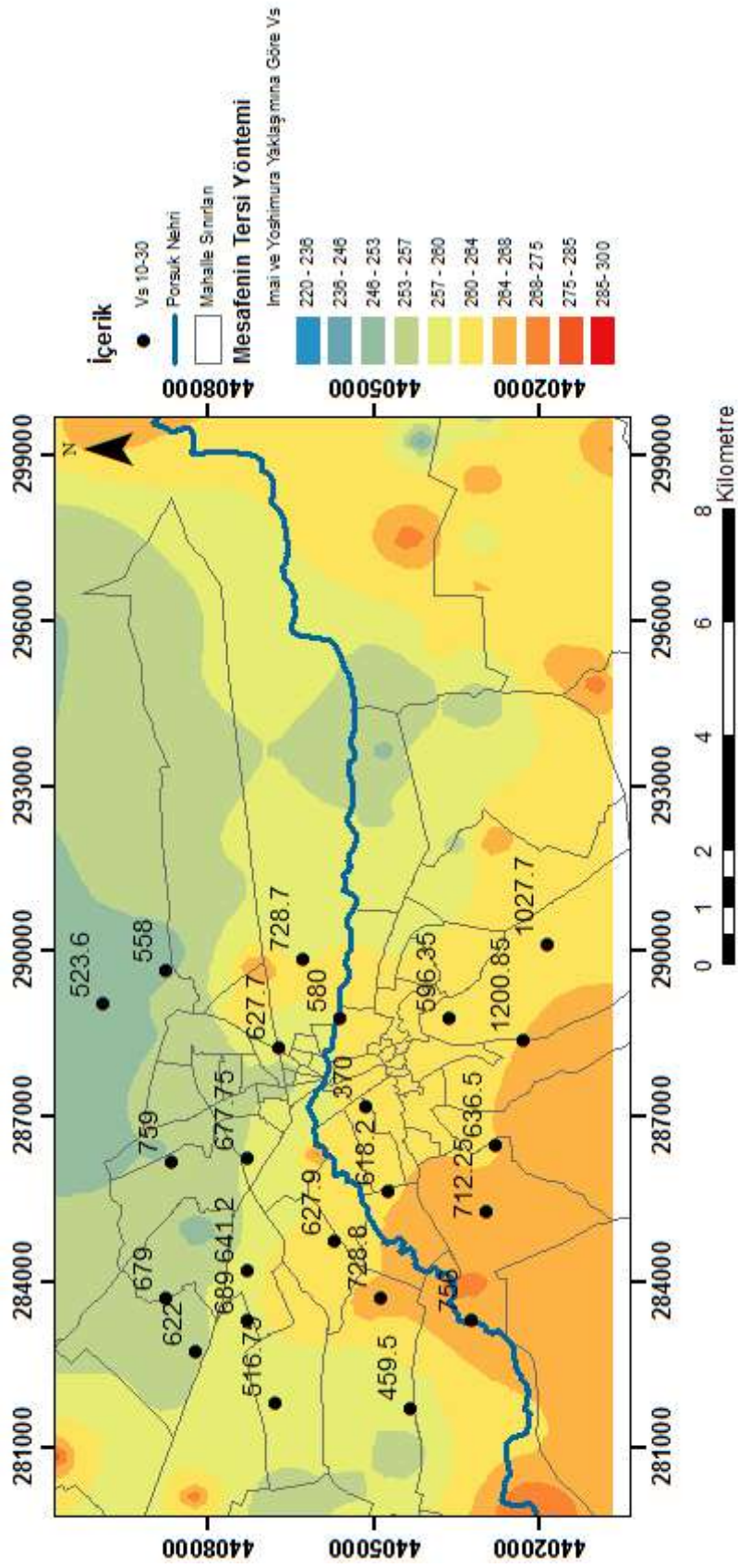
İmai ve Yoshimura 1970 yılında yapmış oldukları “Elastic Wave Velocity and Soil Properties in Soft Soil” adlı çalışmalarında SPT-N- ile Vs arasındaki ilişkiyi belirlemek için $V_s = 76N^{0,33}$ yaklaşımını öne sürmüşlerdir (Imai ve Yoshimura, 1970). Bu yaklaşım göz önüne alınarak Eskişehir zemininde yapılmış olan sondaj çalışmalarından elde edilen SPT-N değerleri hesaplanmış, 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m için Vs ortalamaları alınarak, Mesafenin Tersine ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır (Şekil 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12). Imai ve Yoshimura’nın önerdiği yaklaşıma göre elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde, 0-10 m derinlikteki alüvyon zemin içinde dahi 100 m/sn’den daha fazla farkların olduğu elde edilmiştir.



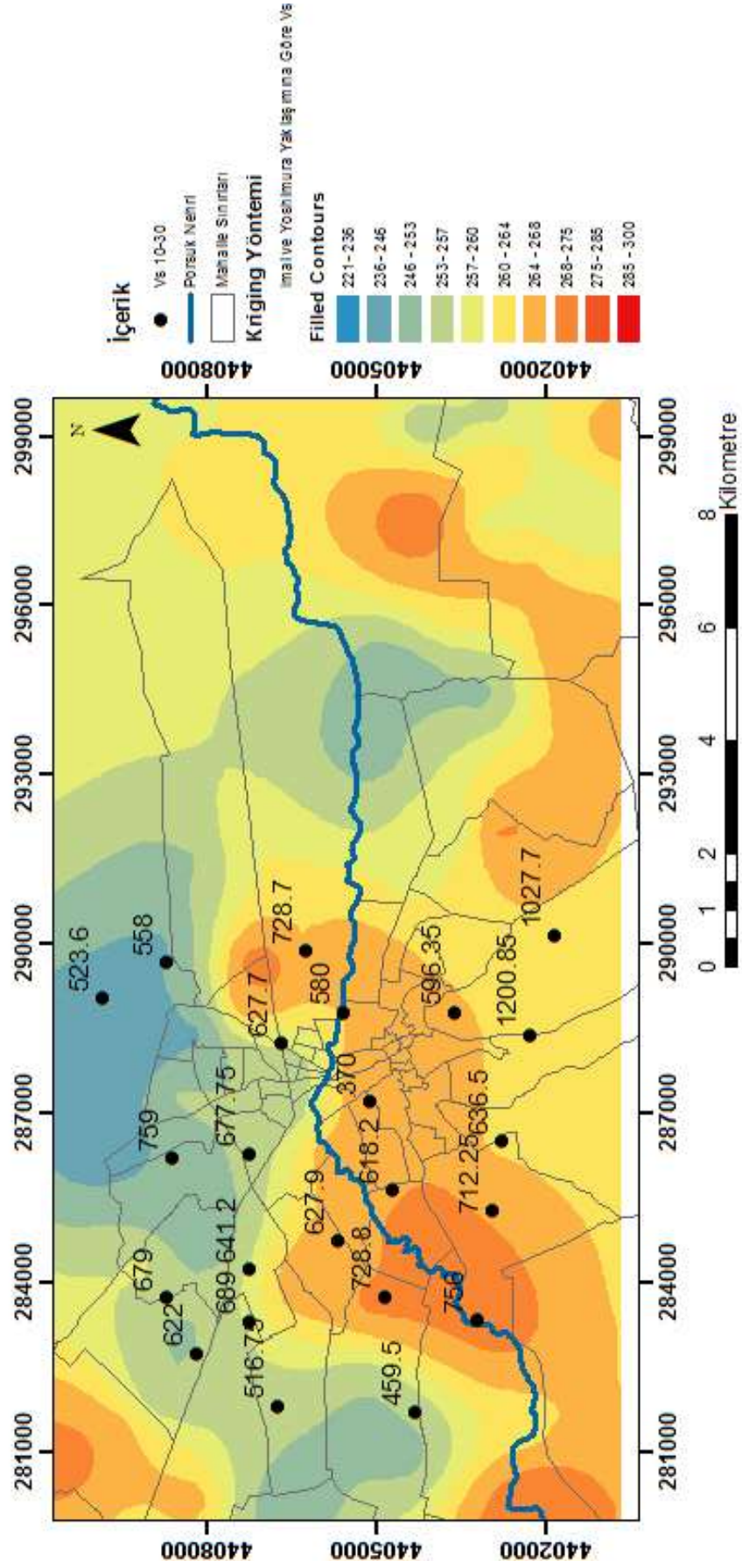
Şekil 6.7. 0-10 m derinlik için Imai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



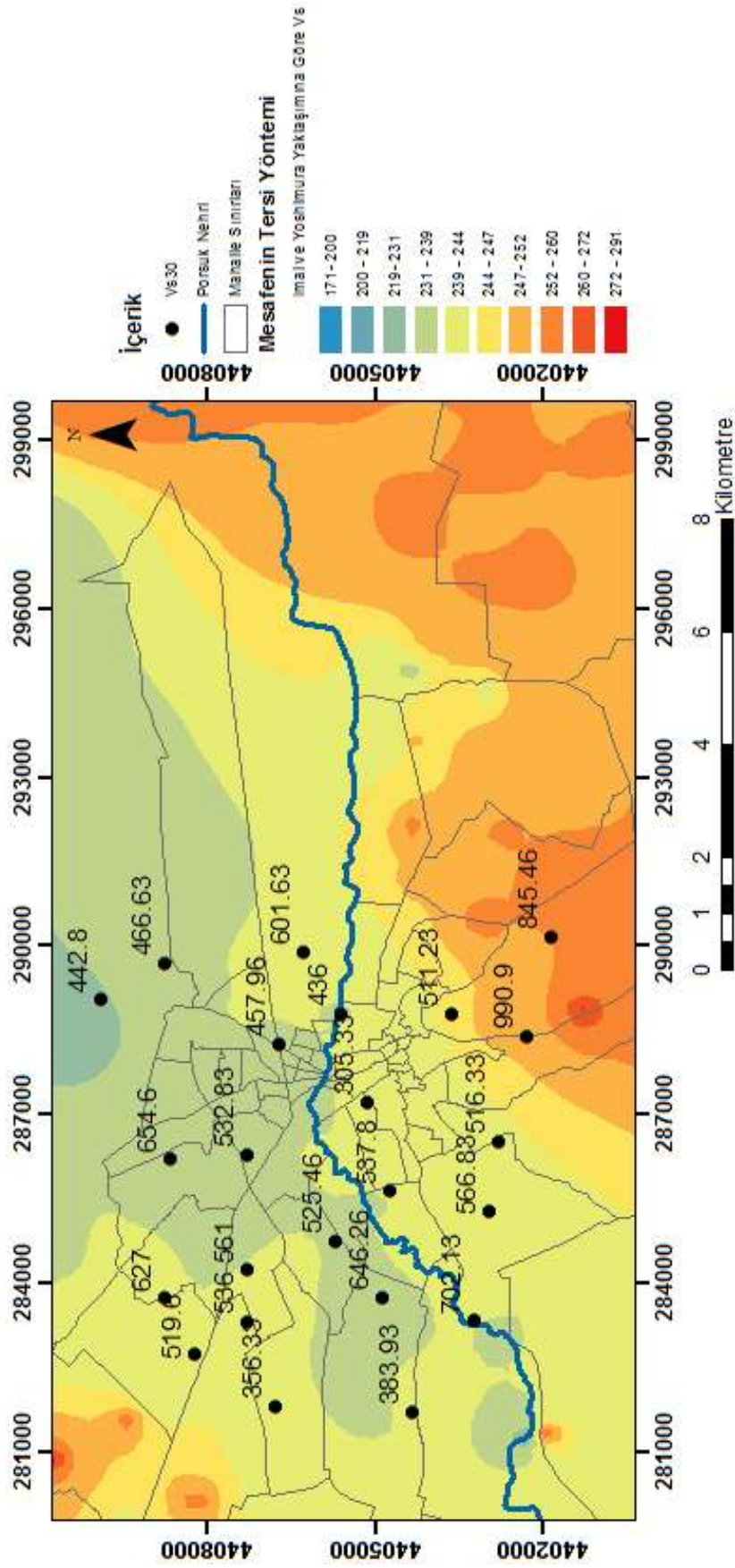
Şekil 6.8. 0-10 m derinlik için Imai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



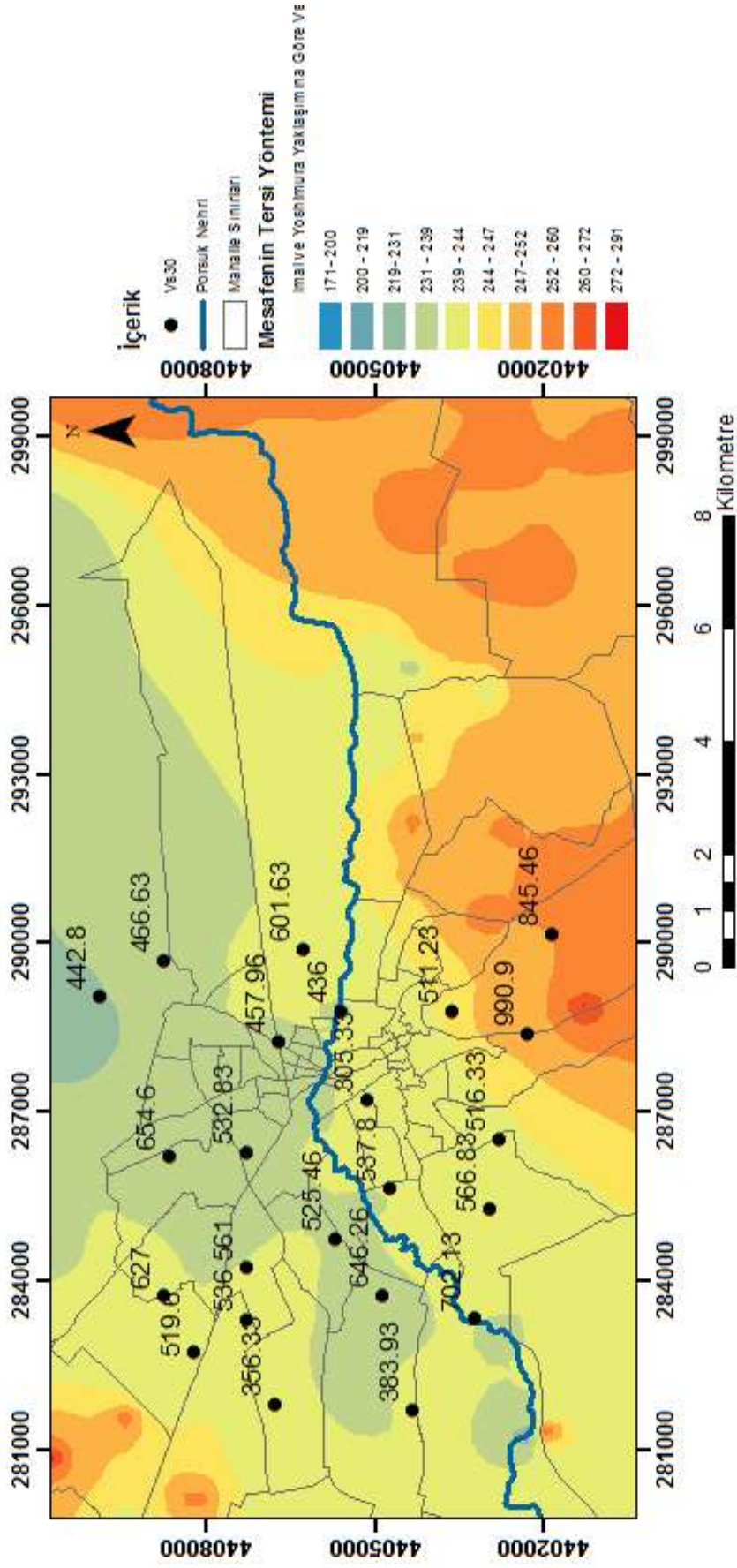
Şekil 6.9. 10-30 m derinlik için Imai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



Şekil 6.10. 10-30 m derinlik için İmai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



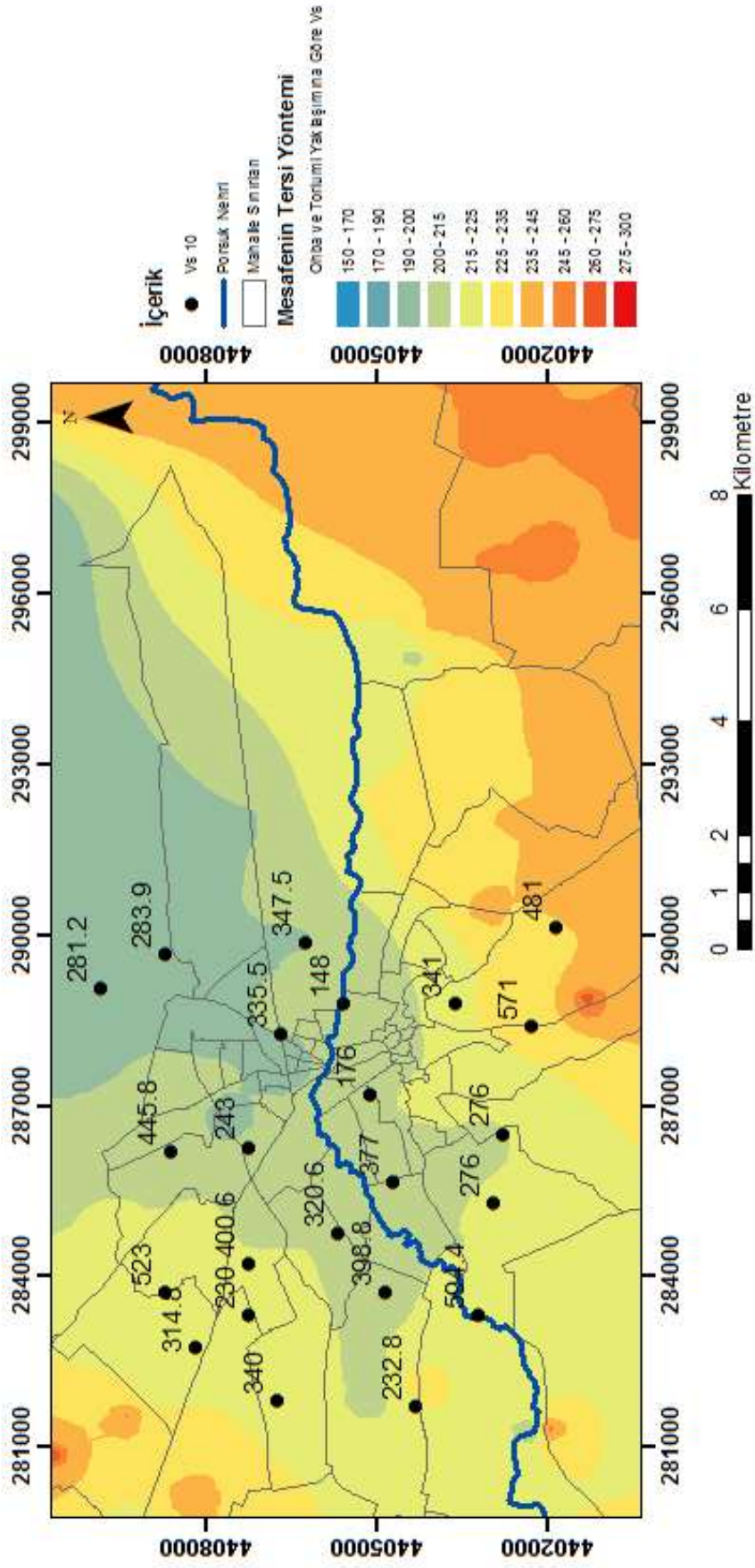
Şekil 6.11. 0-30 m derinlik için Imai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



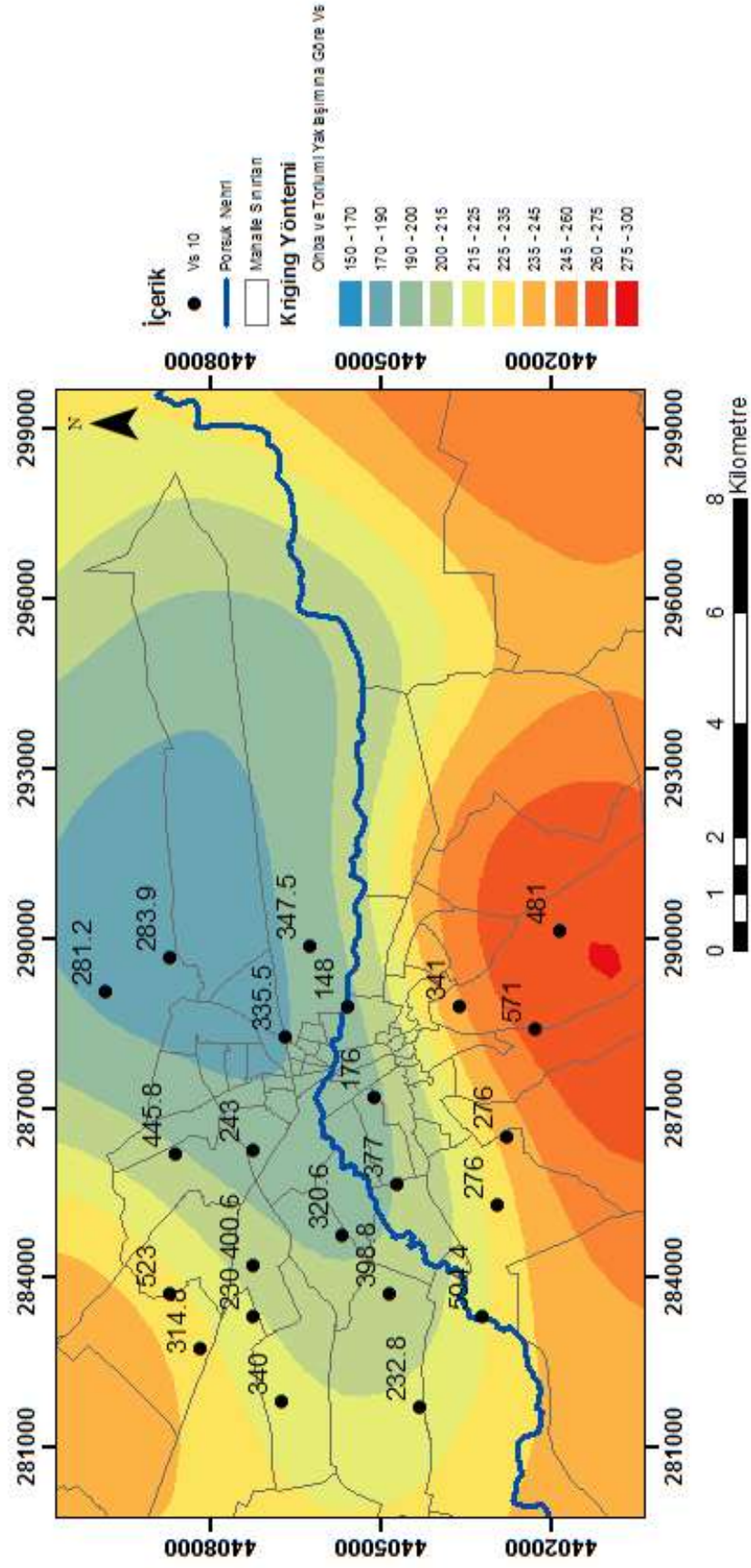
Şekil 6.12. 0-30 m derinlik için İmai ve Yoshimura (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası

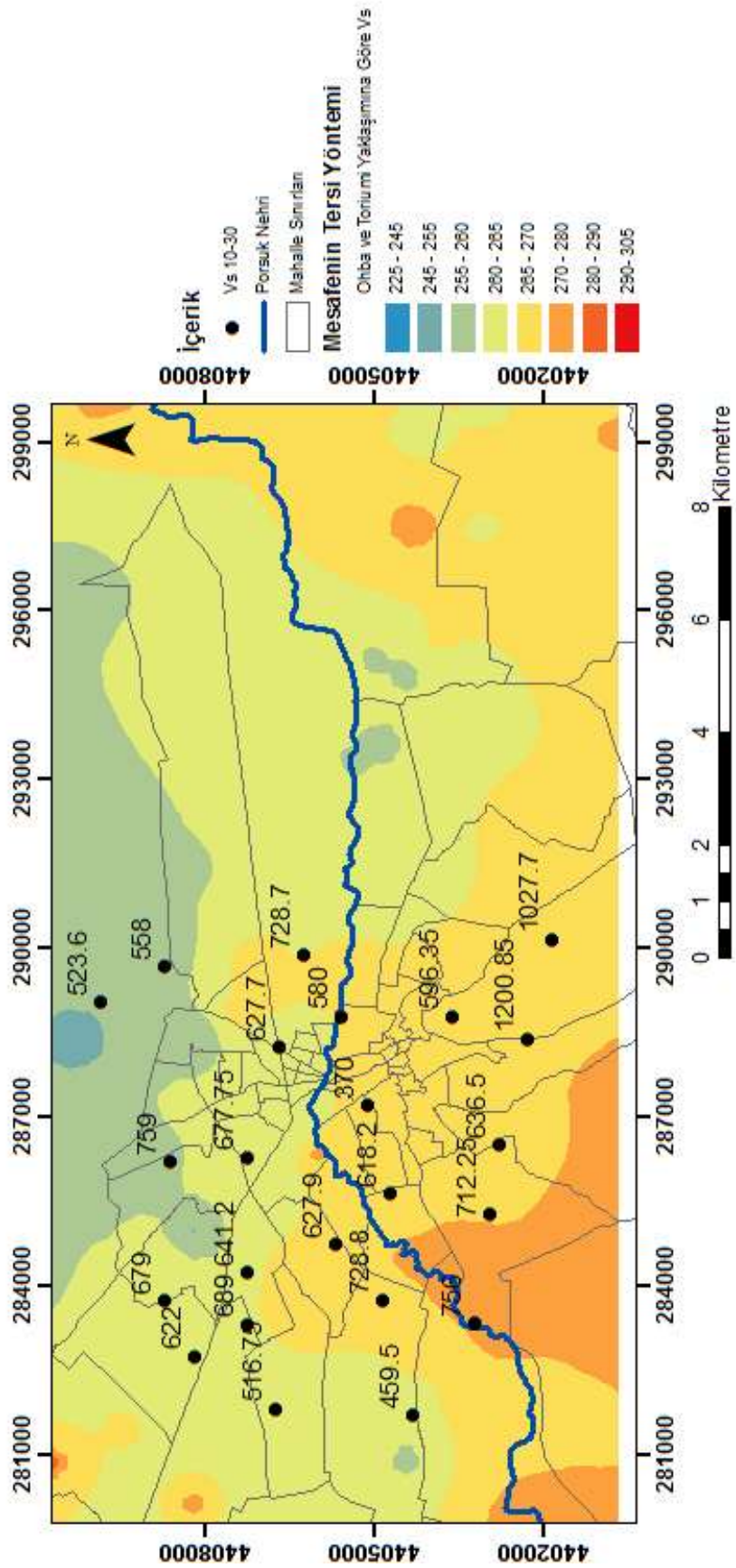
6.1.3. Ohba ve Toriumi Yöntemi (1970)

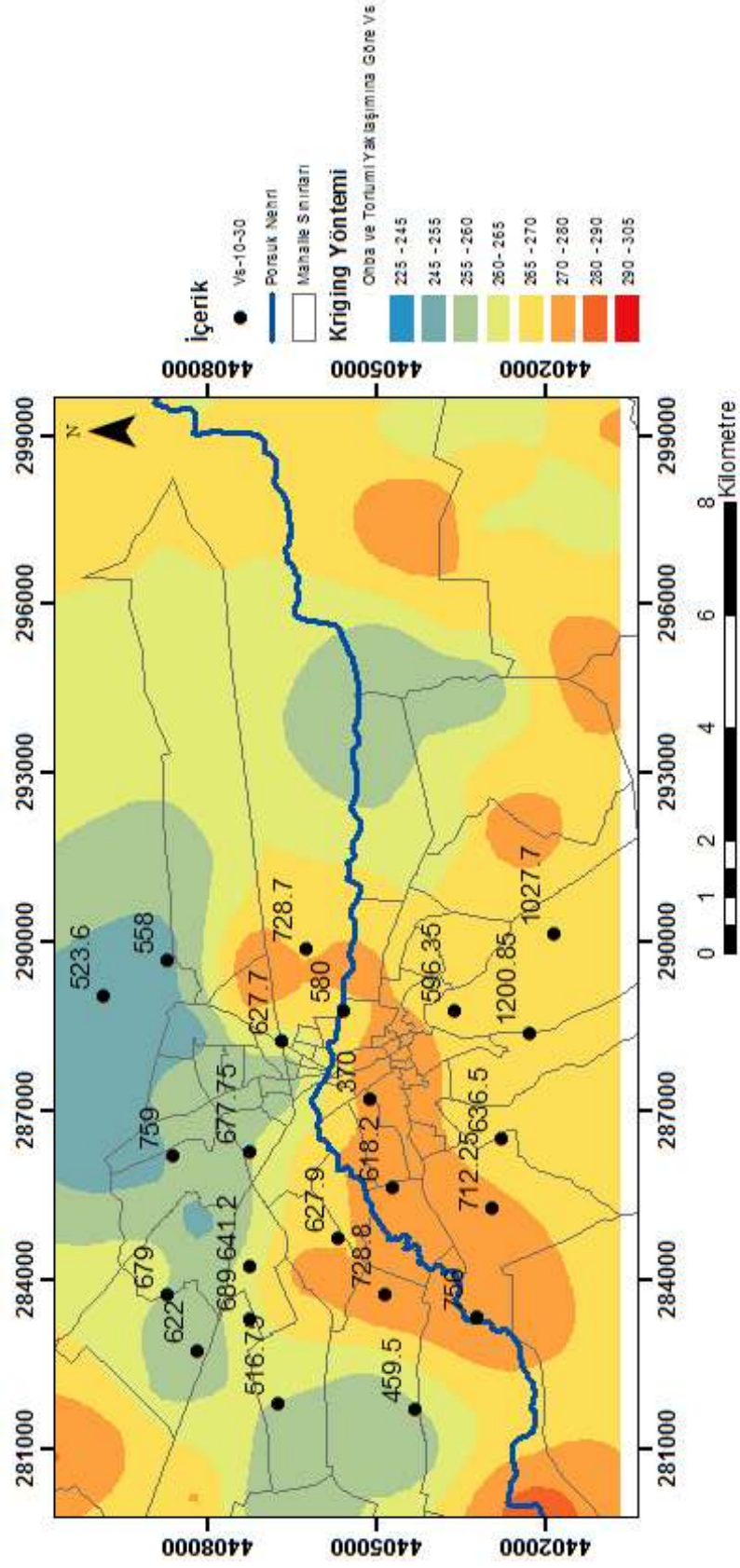
Ohba ve Toriumi 1970 yılında yapmış oldukları “Dynamic response characteristics of Osaka Plain” adlı çalışmada SPT-N ile Vs arasındaki $V_s=84N^{0,31}$ yaklaşımı öne sürmüşlerdir. Bu ampirik yaklaşım göz önüne alınarak, 0-10 m 10-30 m ve 0-30 m için Vs ortalaması hesapları yapılarak, elde edilen değerler konuma dayalı olarak Mesafenin Tersisi ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır. (Şekil 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18). Ohba ve Toriumi’nin önermiş olduğu yaklaşıma göre elde edilen haritalar incelendiğinde, bu yaklaşımın Eskişehir zemini için iyi ilişki göstermediği belirlenmiştir. Bu yaklaşıma göre, Eskişehir Jeoloji haritası göz önüne alındığında, ana kaya olan zeminlerde kayma dalgası hızının 300 m/sn olduğu görülmektedir. Ancak NEHRP’e göre zemin sınıflama kriterleri göz önüne alındığında, sağlam dayanıklı sert ana kaya olarak tanımlanan zeminlerde S dalgası hızı minimum 760 m/sn olmalıdır. Bu nedenle Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı Eskişehir zemini için uygun değildir.



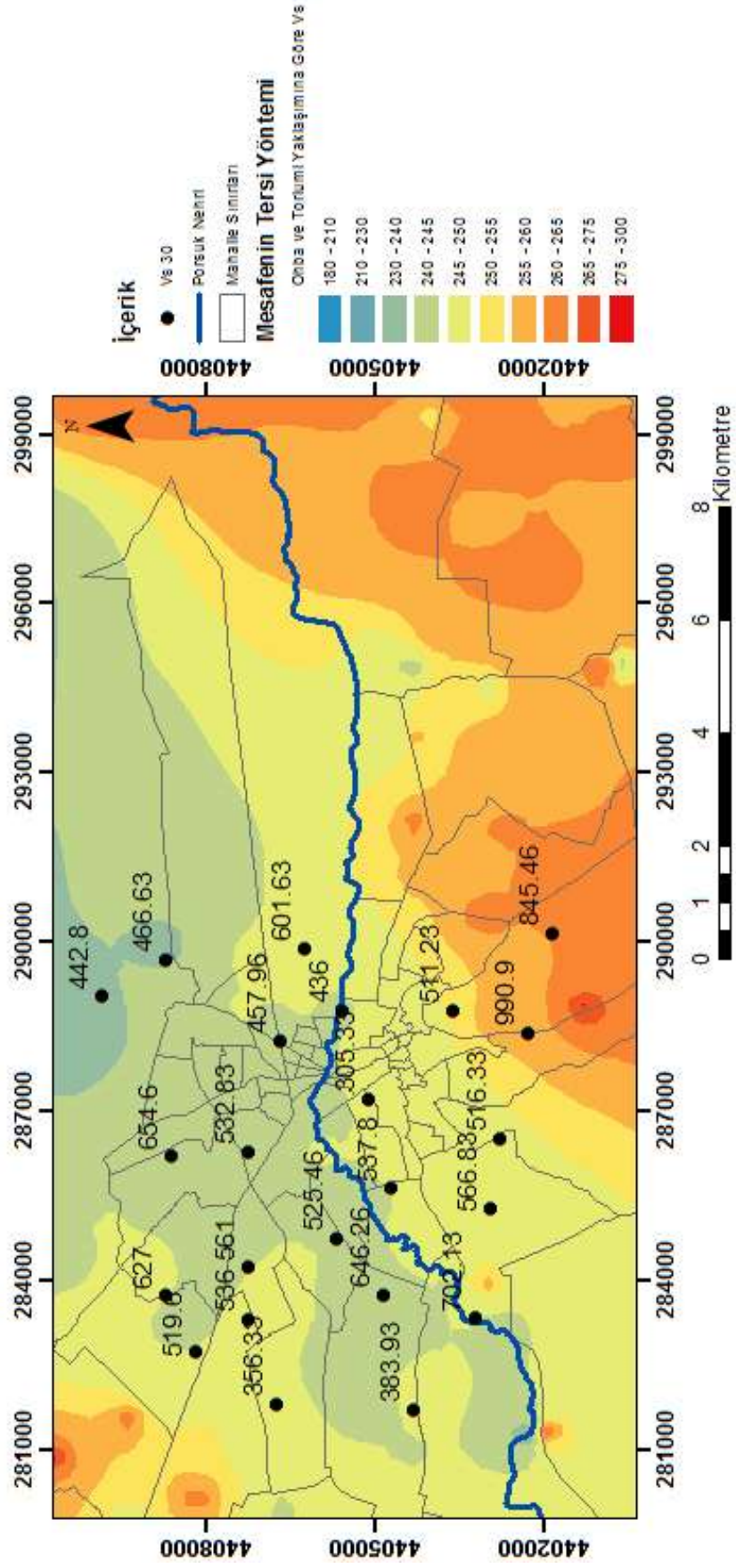
Şekil 6.13. 0-10 m derinlik için Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



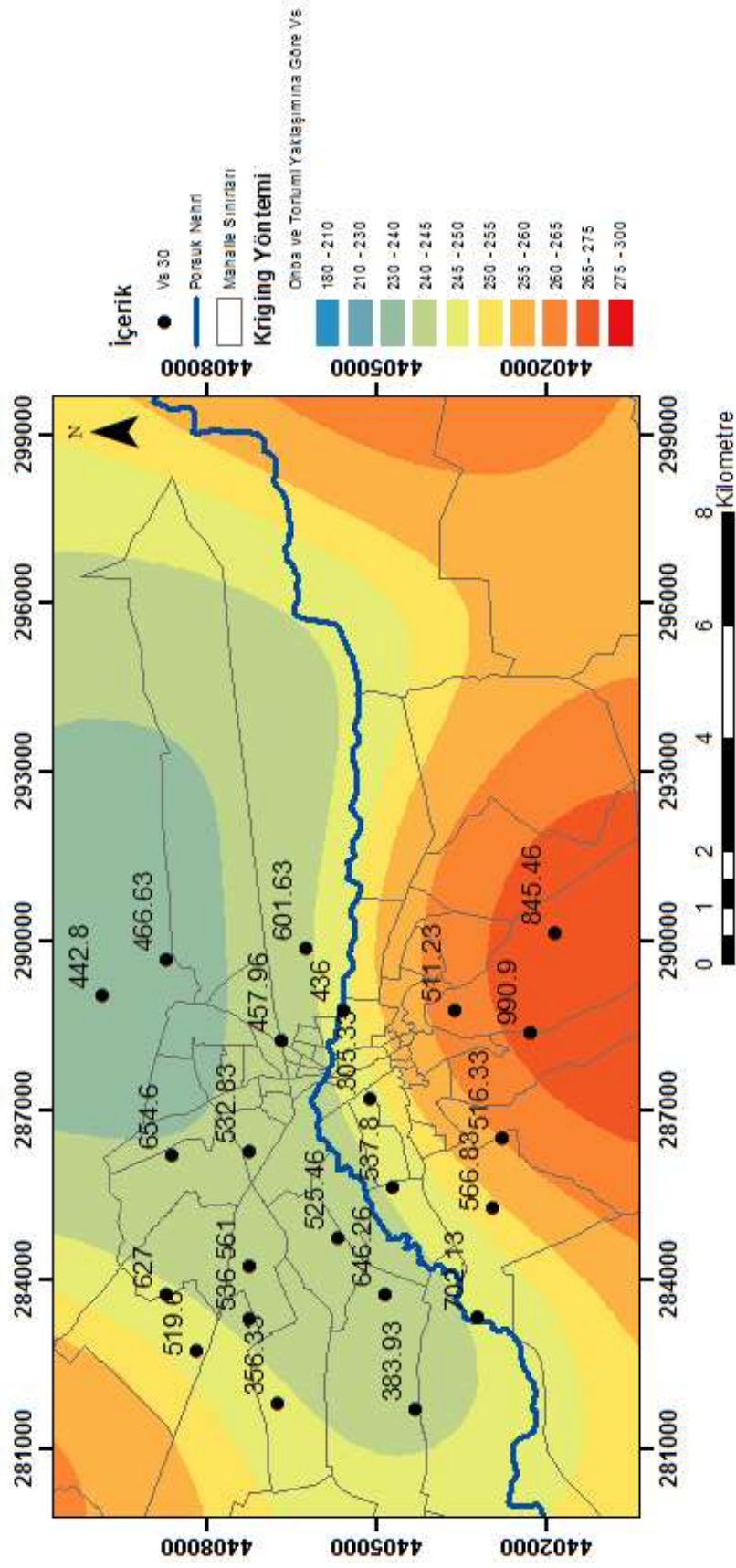




Şekil 6.16. 10-30 m derinlik için Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



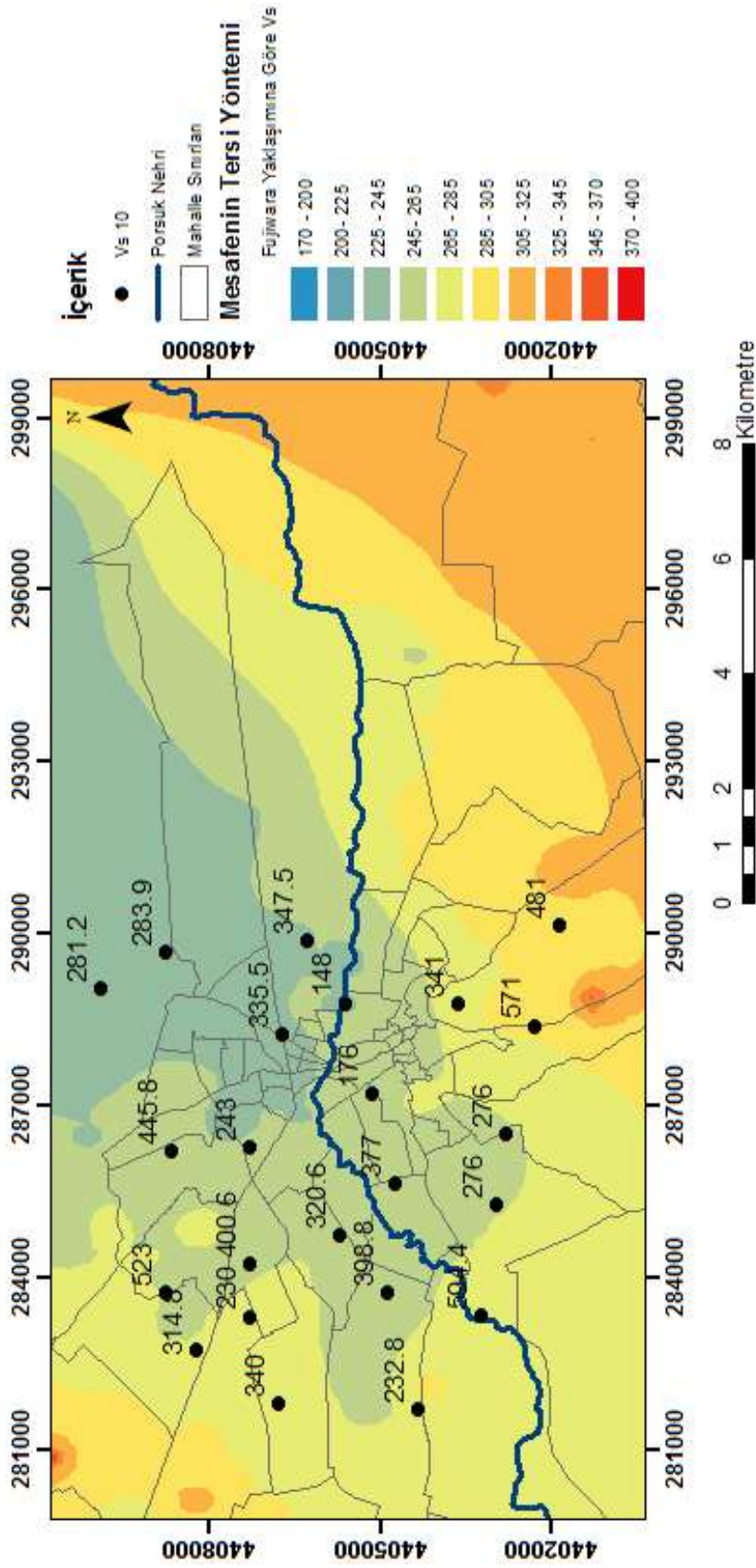
Şekil 6.17. 0-30 m derinlik için Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



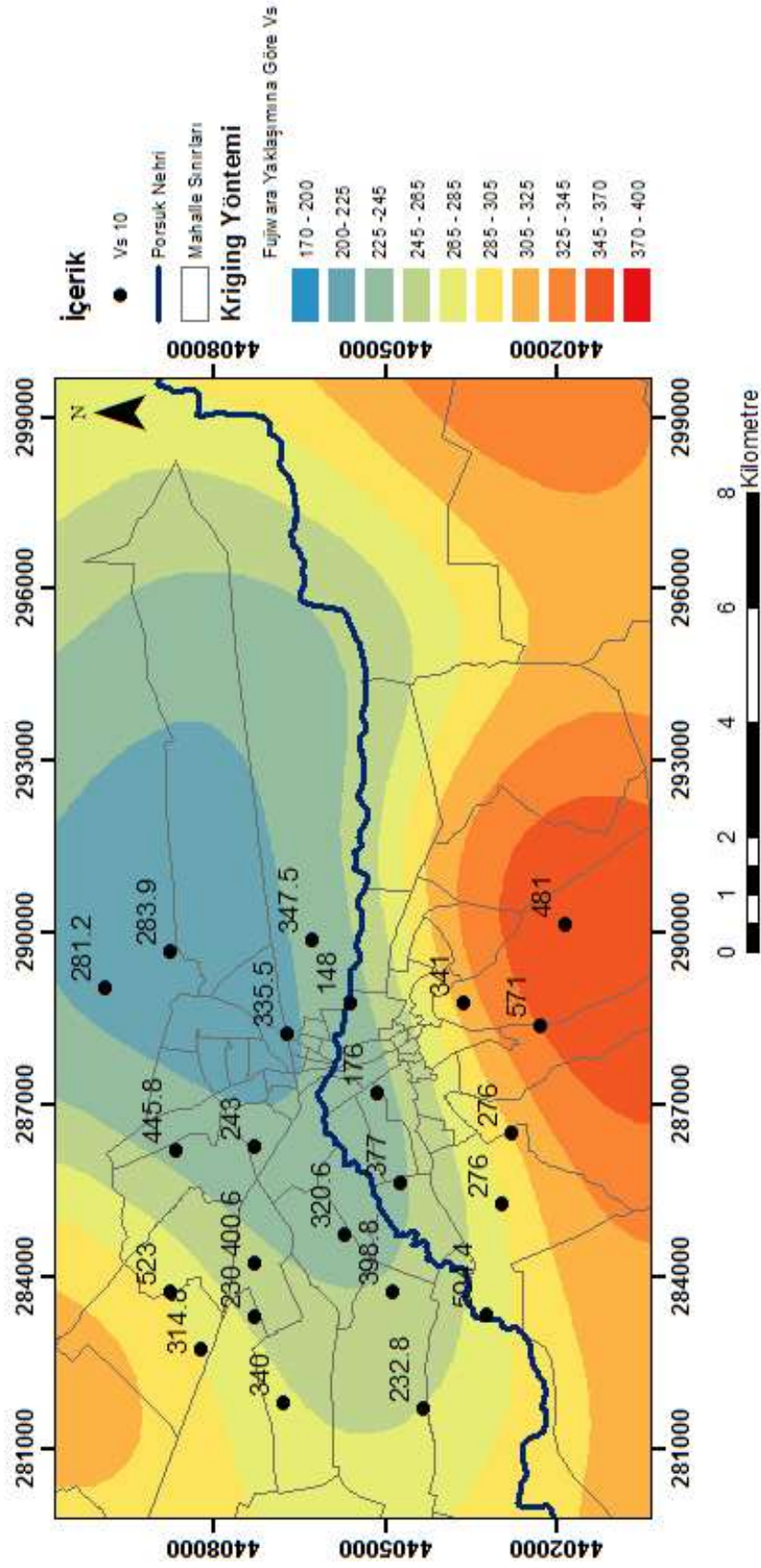
Şekil 6.18. 0-30 m derinlik için Ohba ve Toriumi (1970) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası

6.1.4. Fujiwara Yöntemi (1972)

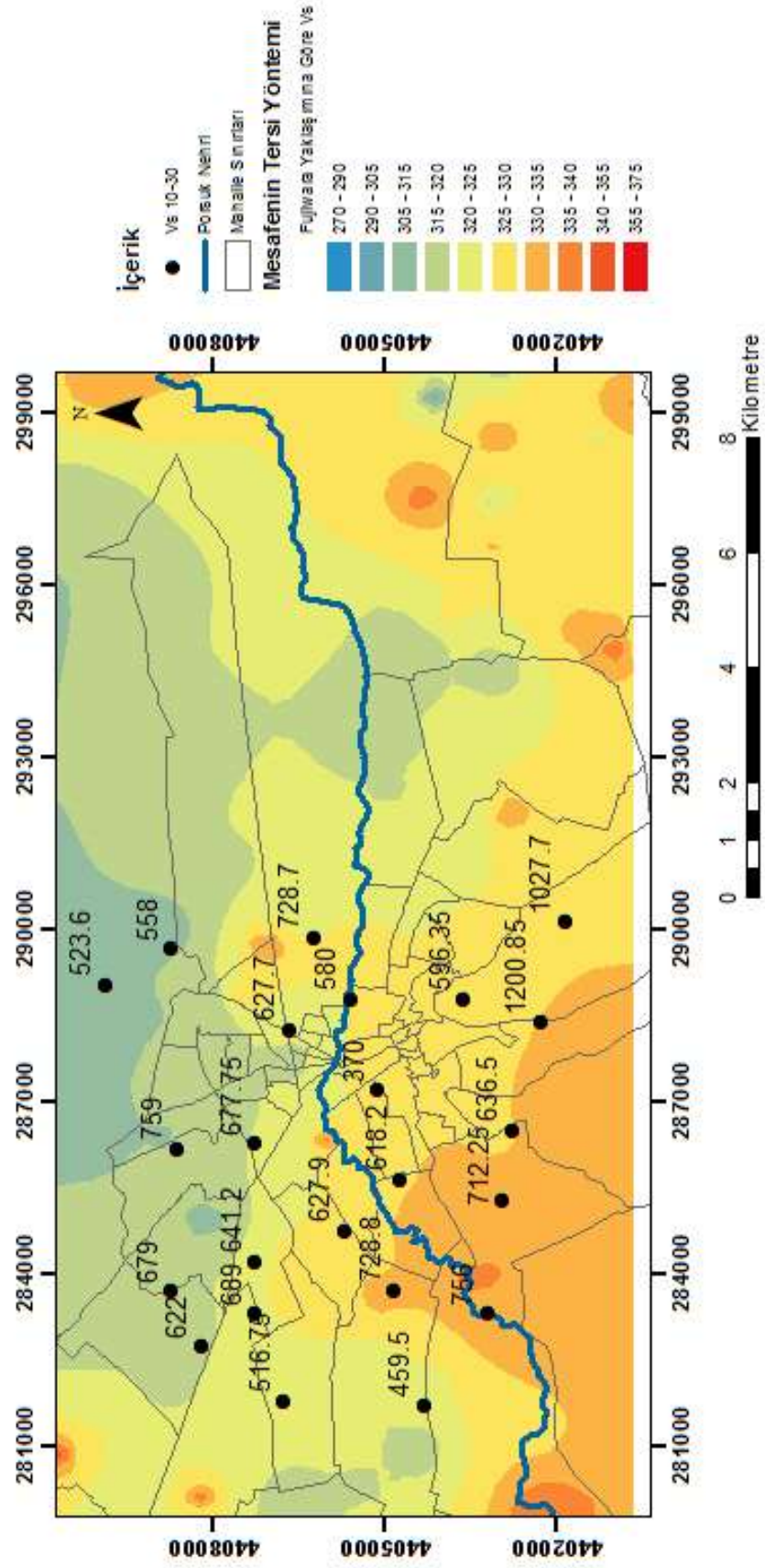
Fujiwara 1972 yılında yaptığı “Estimation of ground movements in actual destructive earthquakes” adlı çalışmasında, tüm zeminler için $V_s=92.1N^{0.337}$ ampirik yaklaşımını öne sürmüştür (Fujiwara, 1972). Bu ampirik yaklaşım göz önüne alınarak, 0-10 m için SPT-N değerlerinden V_s ortalaması, 10-30 m için SPT-N değerlerinden V_s ortalaması ve 0-30 m için V_s ortalaması hesapları yapılarak, elde edilen veriler Mesafenin Tersisi ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır (Şekil 6.19, 6.20, 6.21, 6.22, 6.23, 6.24). Fujiwara yöntemine göre elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde max V_s değerinin 0-10 m derinlik için elde edildiği ve 400 m/sn’ye olduğu belirlenmiştir. NEHRP’in zemin sınıfları tablosuna bakıldığında anakaya olarak tanımlanan zeminlerde v_s değerinin 760 m/sn’den fazla olması gerekmektedir. Ancak Fujiwara yönteminde max 400 m/sn değerine ulaşılmıştır.



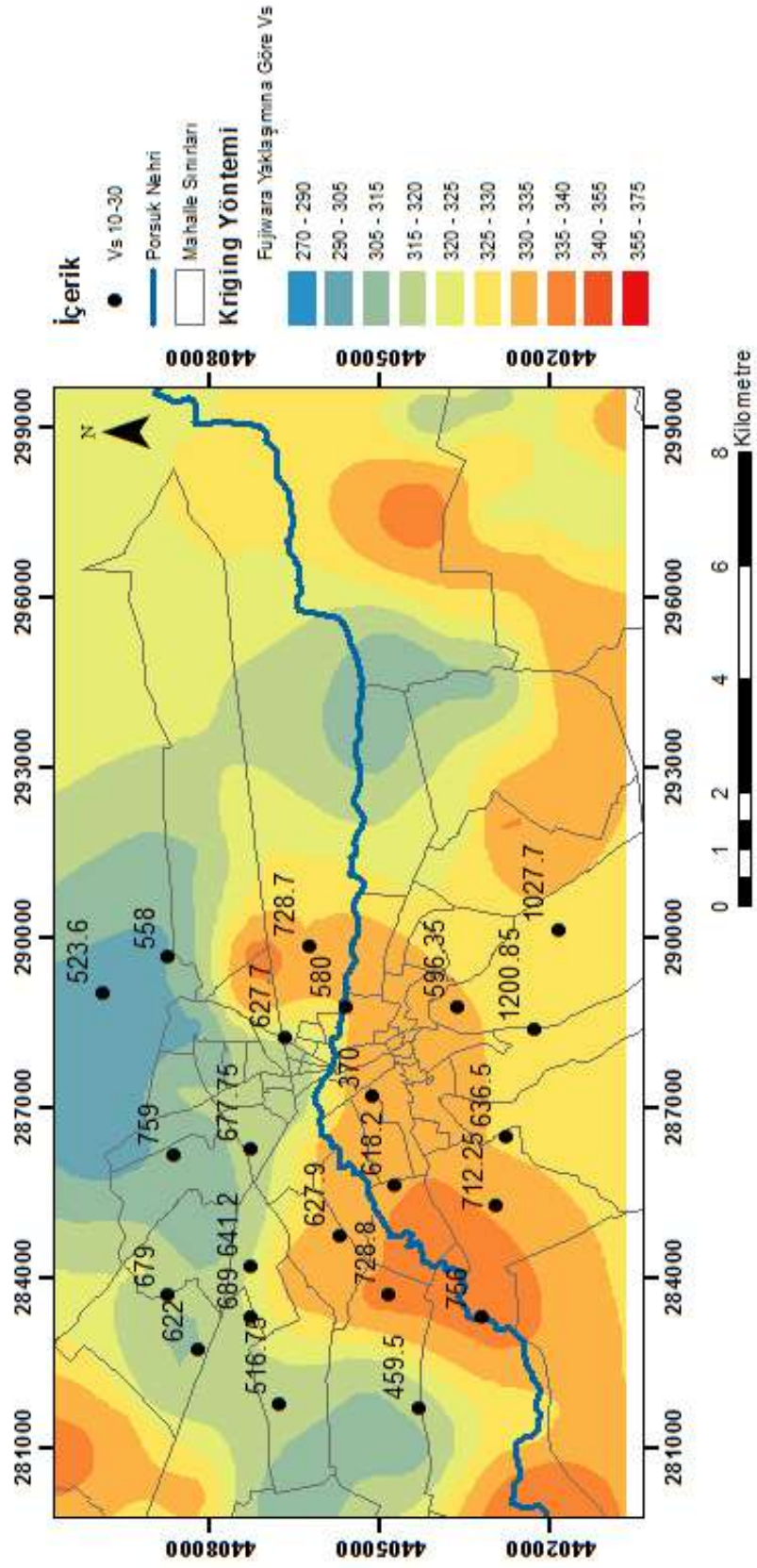
Şekil 6.19. 0-10 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Mesafenin Ters i yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



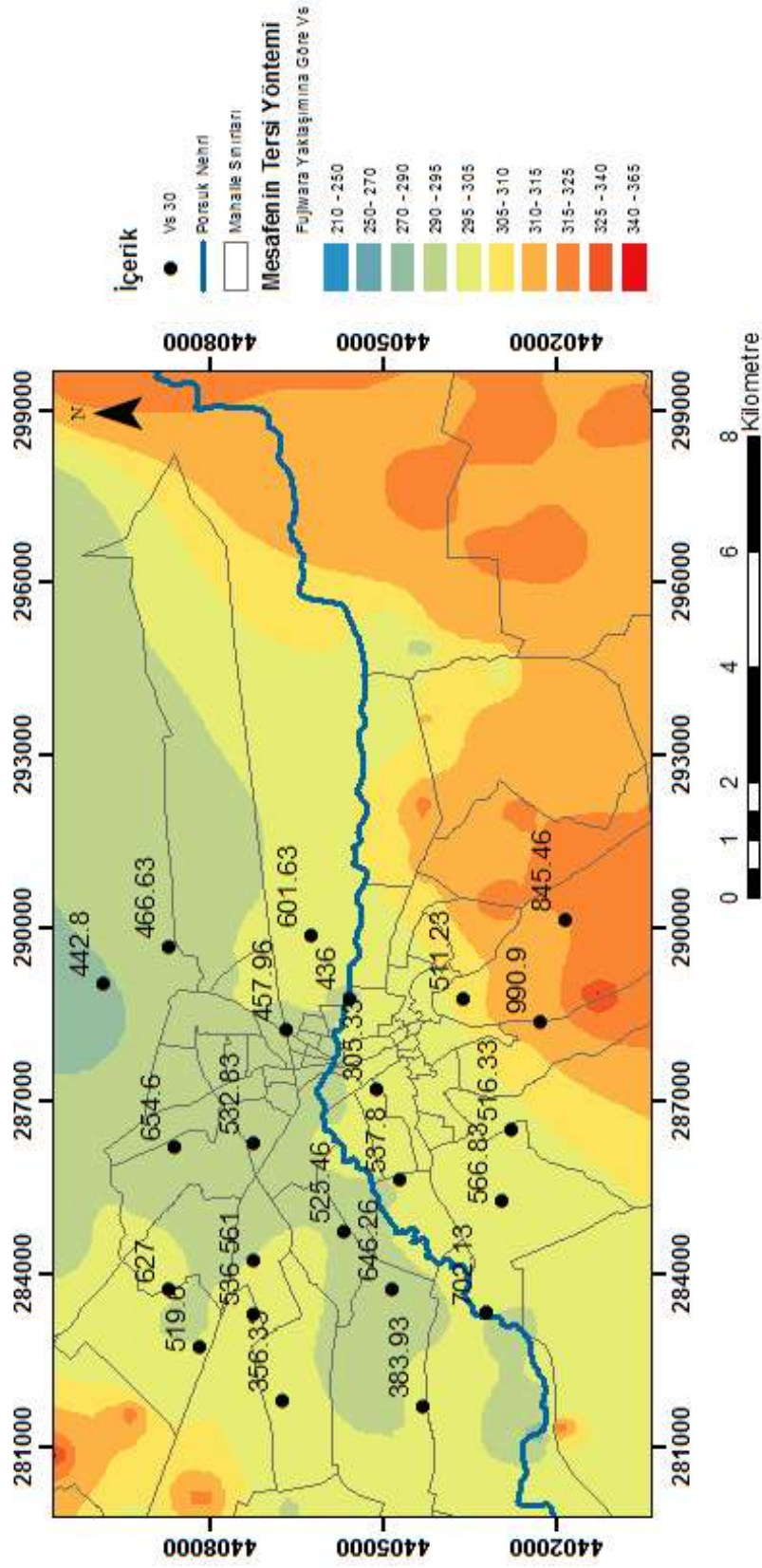
Şekil 6.20. 0-10 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



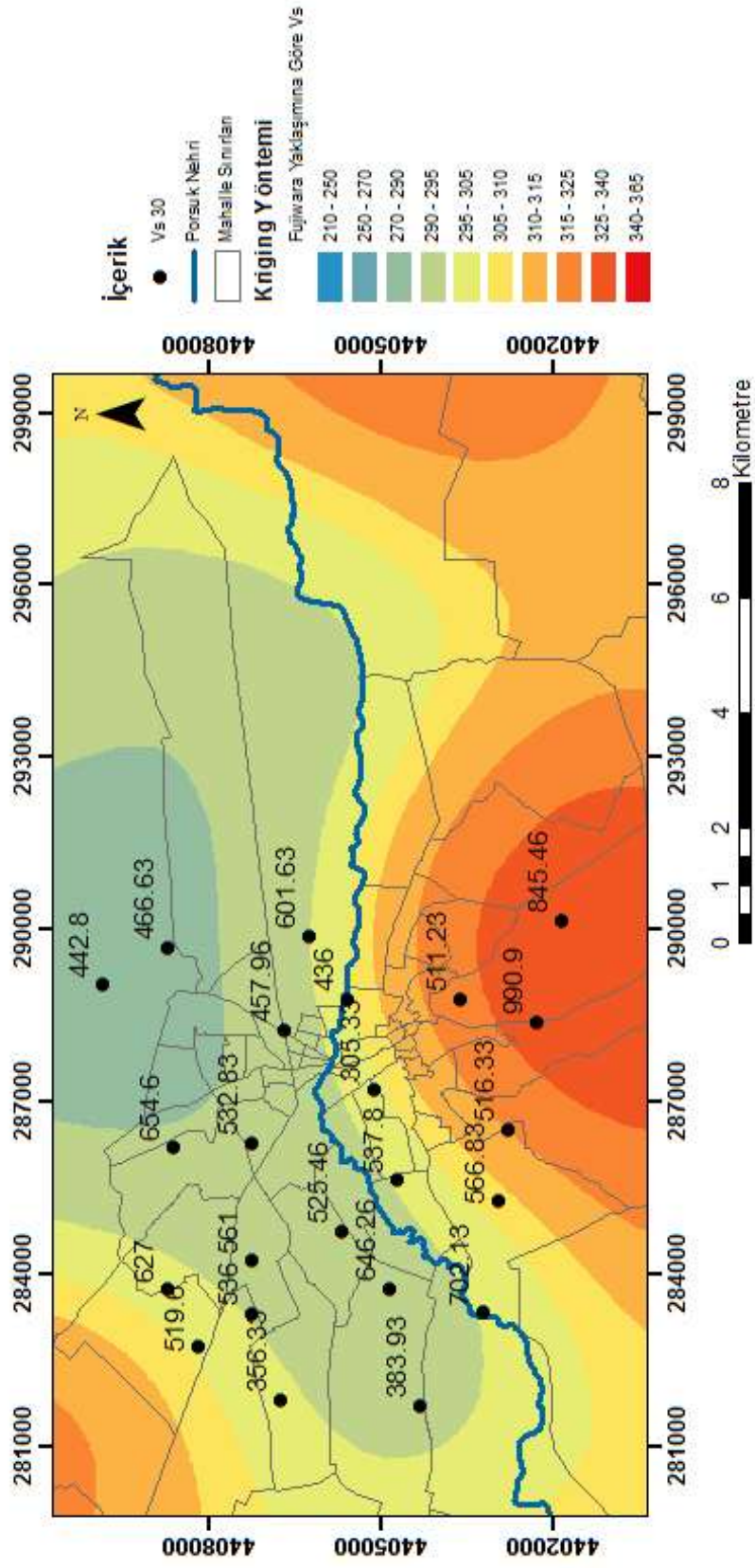
Şekil 6.21. 10-30 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



Şekil 6.22. 10-30 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



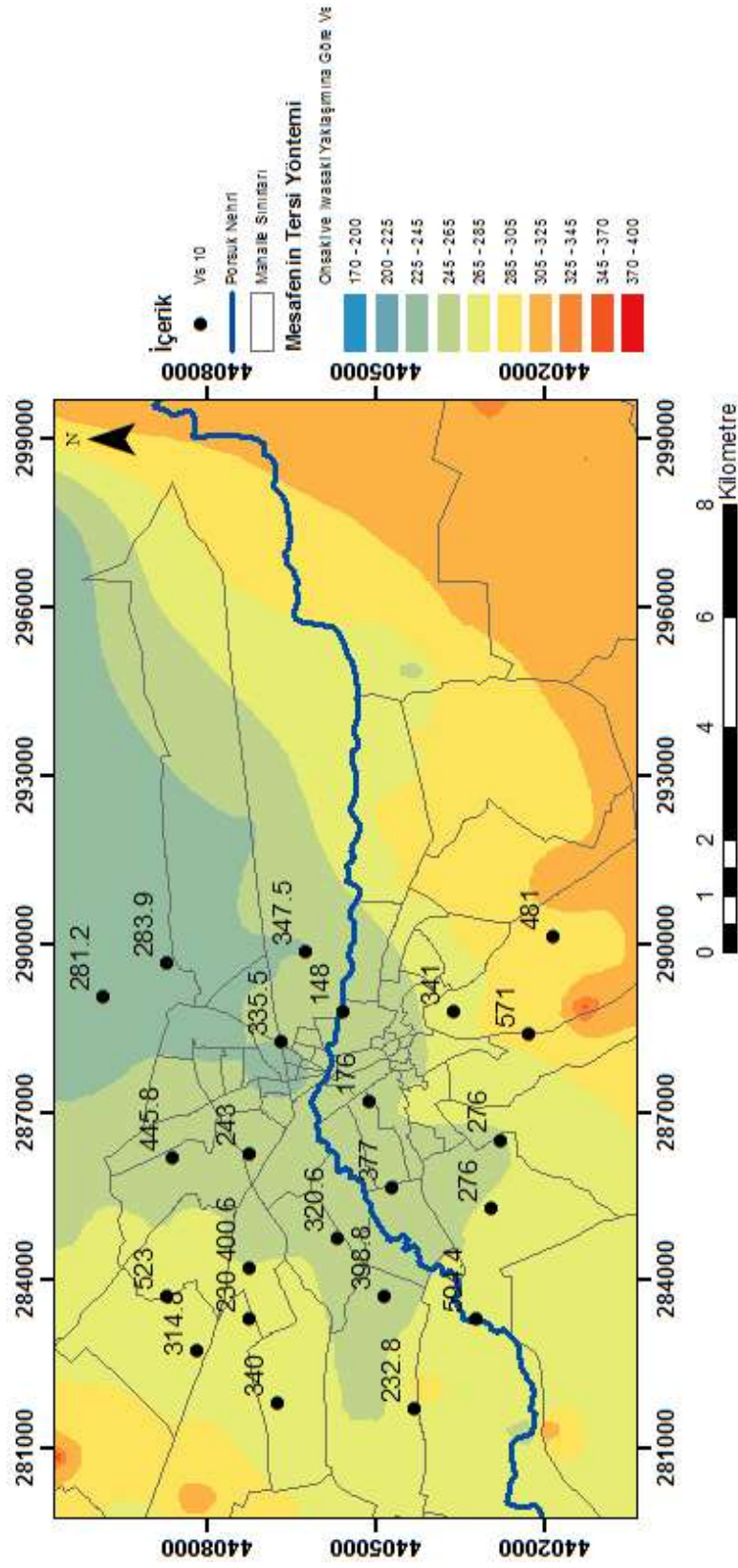
Şekil 6.23. 0-30 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



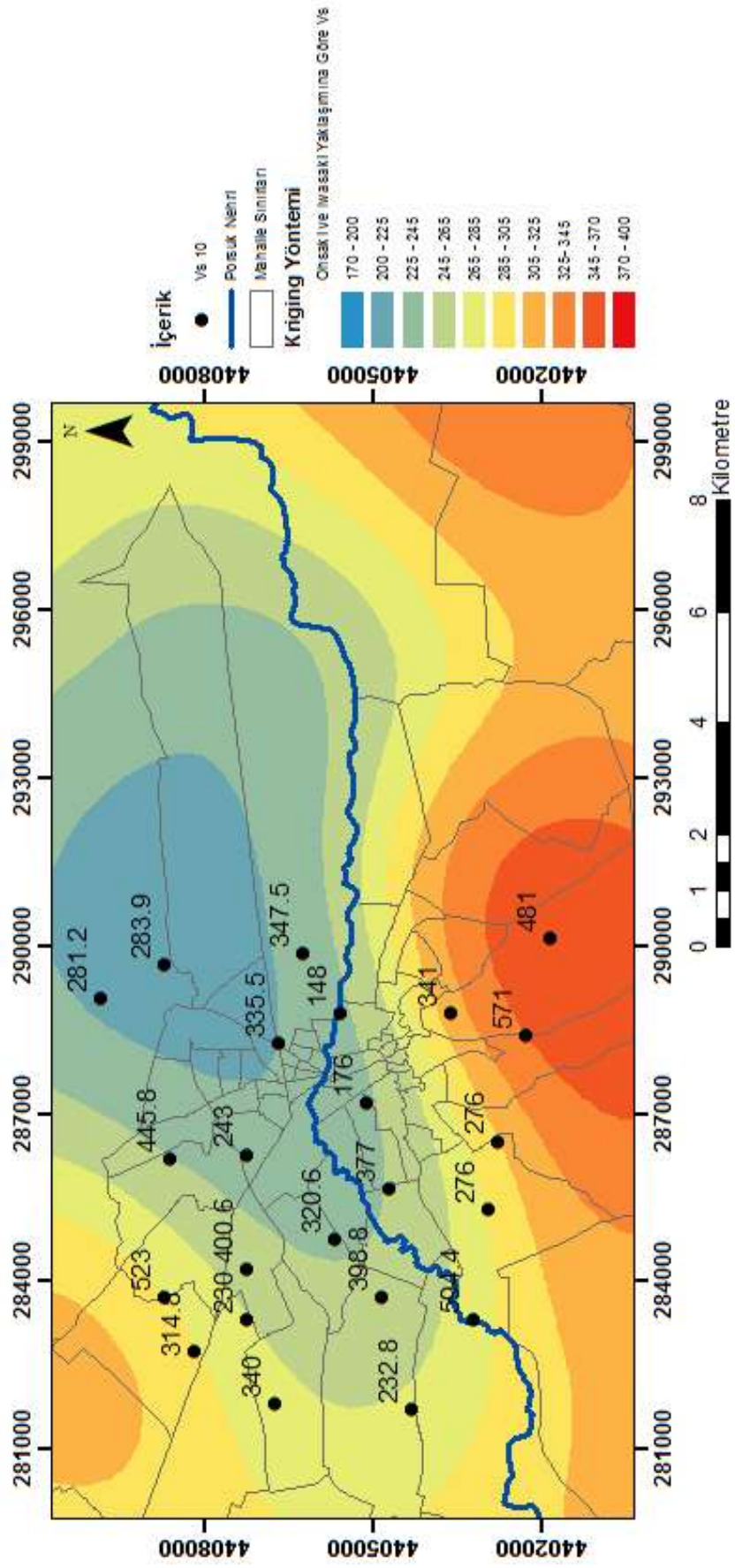
Şekil 6.24. 0-30 m derinlik için Fujiwara yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası

6.1.5. Ohsaki ve Iwasaki Yöntemi (1973)

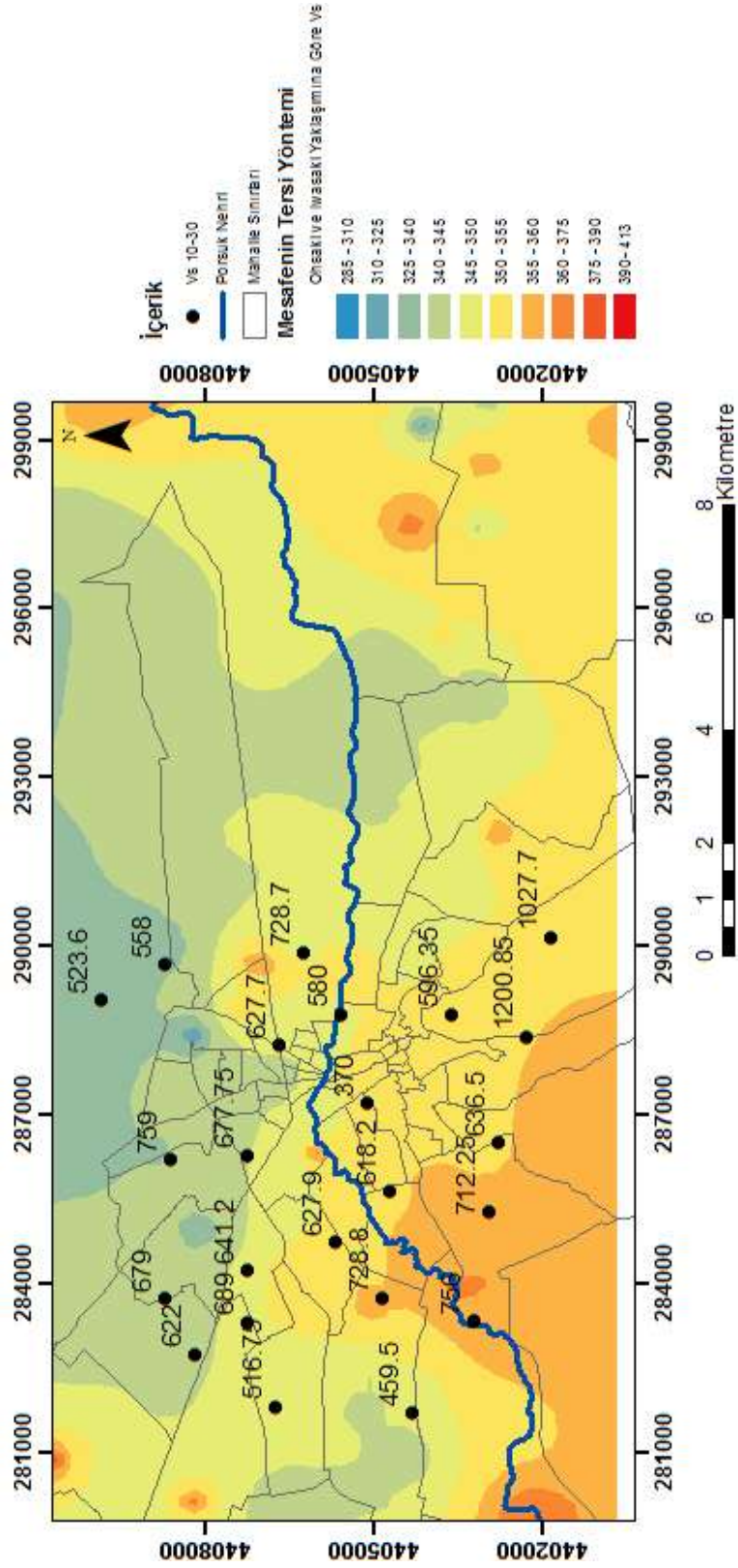
Ohsaki ve Iwasaki 1973 yılında yapmış oldukları “On dynamic shear moduli and Poisson's ratio of soil deposits” adlı çalışmalarında SPT-N ile V_s arasındaki ilişkiyi $V_s=81.4N^{0.39}$ yaklaşımı ile öne sürmüşlerdir (Ohsaki ve Iwasaki, 1973). Bu yaklaşım göz önüne alınarak, 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m için SPT-N değerlerinden V_s hesabı yapılarak, elde edilen veriler Mesafenin Tersisi ve Kriging yöntemine göre konuma dayalı olarak haritalanmıştır (Şekil 6.25, 6.26, 6.27, 6.28, 6.29, 6.30). Ohsaki ve Iwasaki yöntemine göre elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde max V_s değerinin 0-10 m ve 0-30 m derinlik 400 m/sn ve 10-30 m derinlik için 413 m/sn olduğu belirlenmiştir. Bu yaklaşıma göre, Eskişehir Jeoloji haritası göz önüne alındığında, ana kaya olan zeminlerde kayma dalgası hızının 400 m/sn olduğu görülmektedir. Ancak NEHRP’e göre zemin sınıflama kriterleri göz önüne alındığında, sağlam dayanıklı sert ana kaya olarak tanımlanan zeminlerde S dalgası hızı 760 m/sn’den az olmamalıdır. Bu nedenle Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı Eskişehir zemini için gerçeği yansıtmamaktadır.



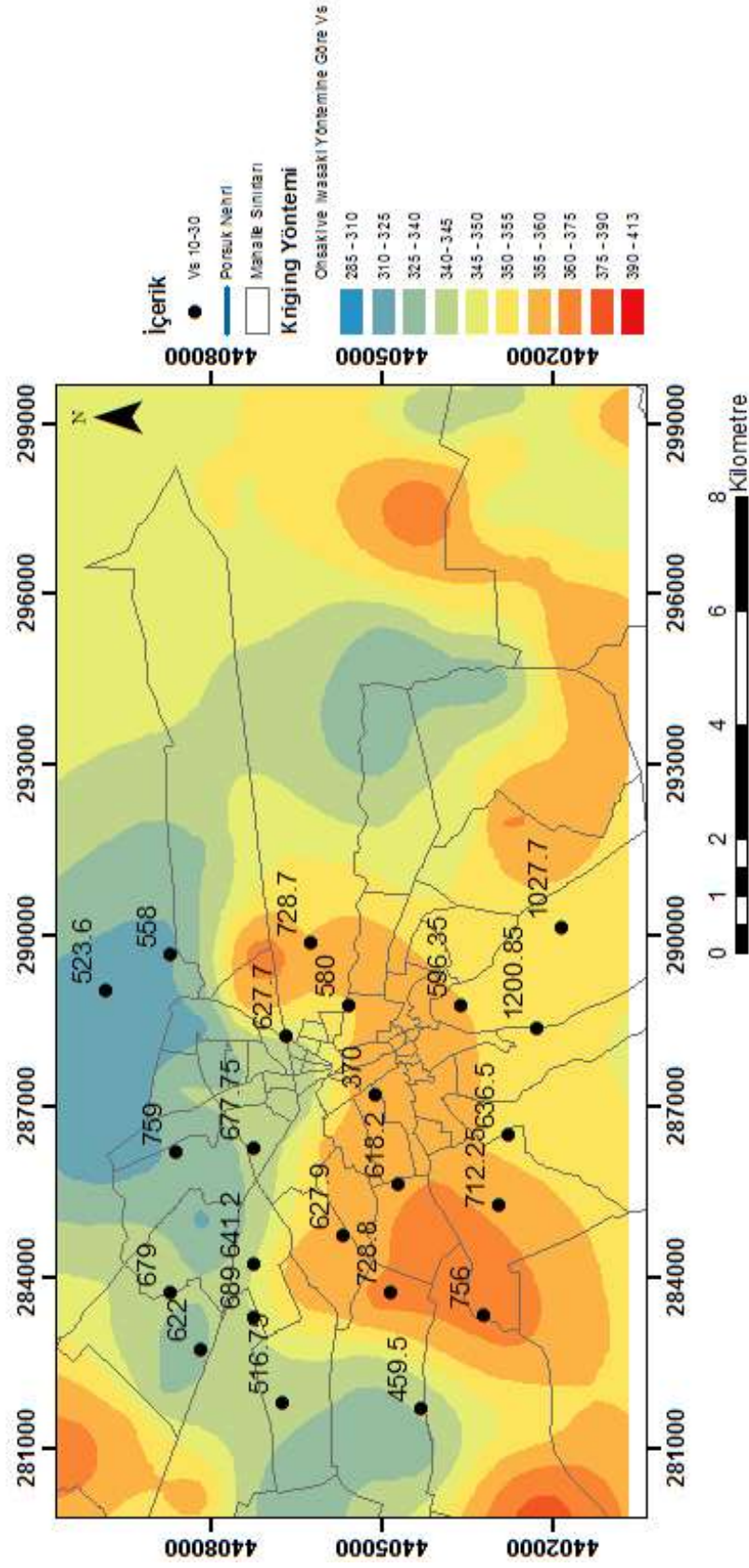
Şekil 6.25. 0-10 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



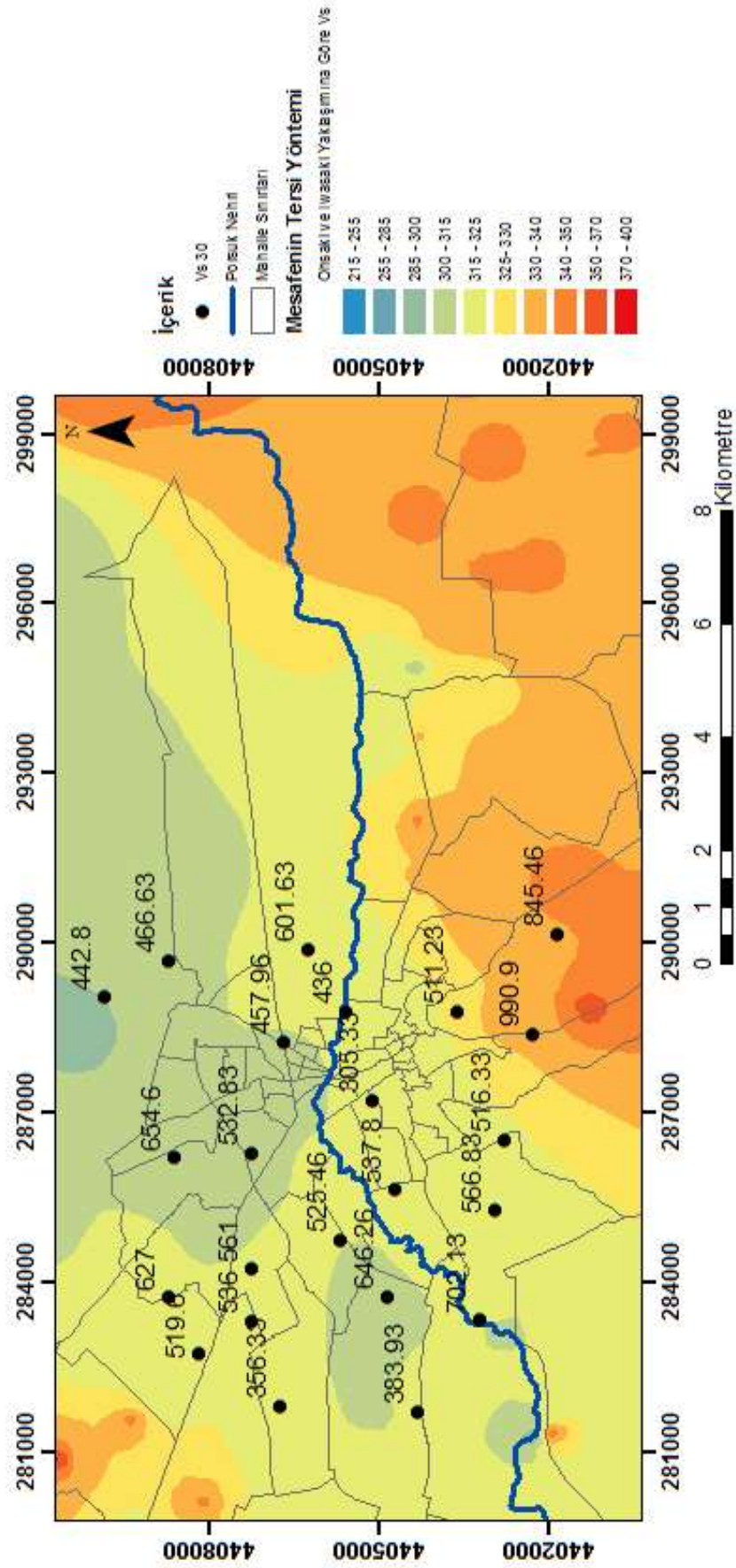
Şekil 6.26. 0-10 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



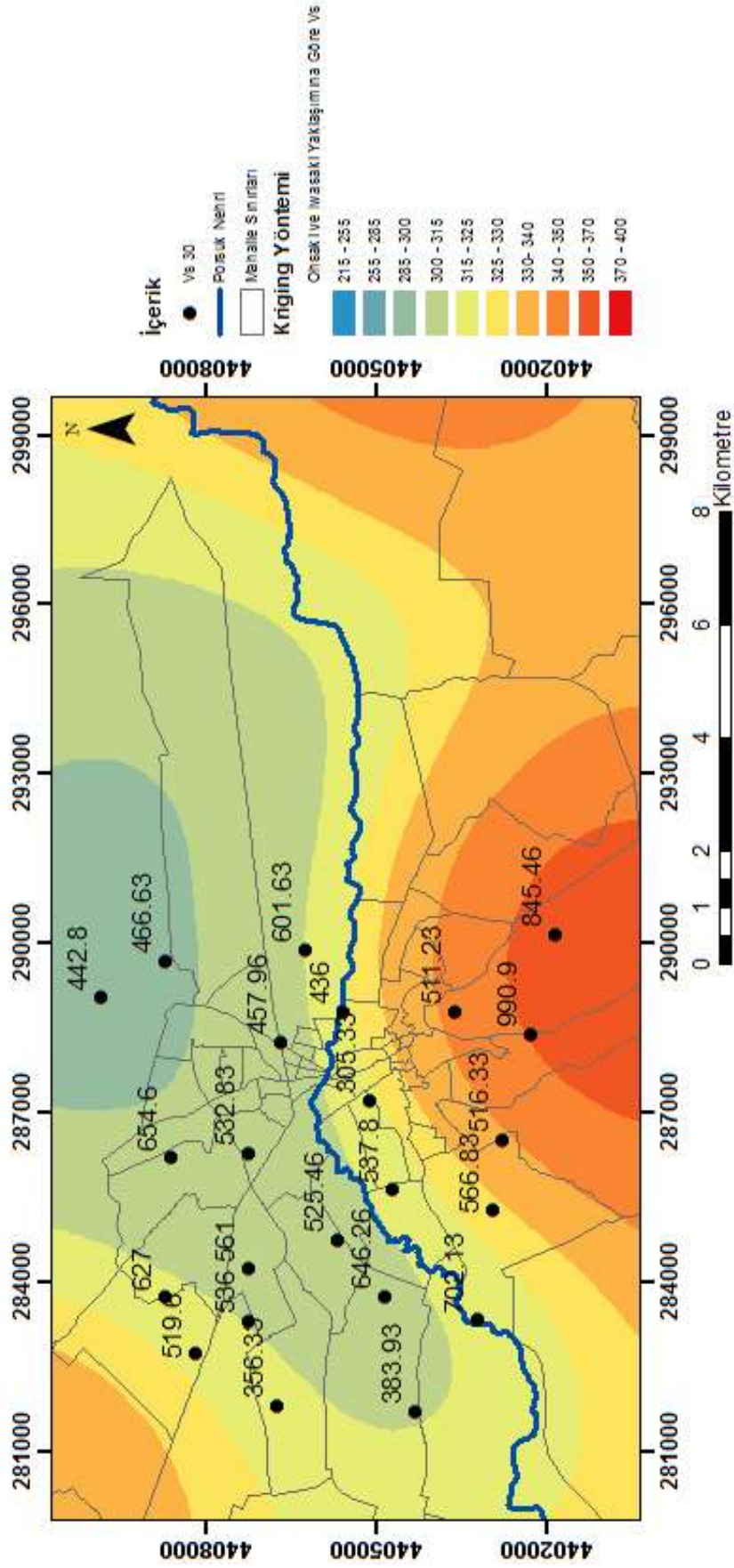
Şekil 6.27. 10-30 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



Şekil 6.28. 10-30 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



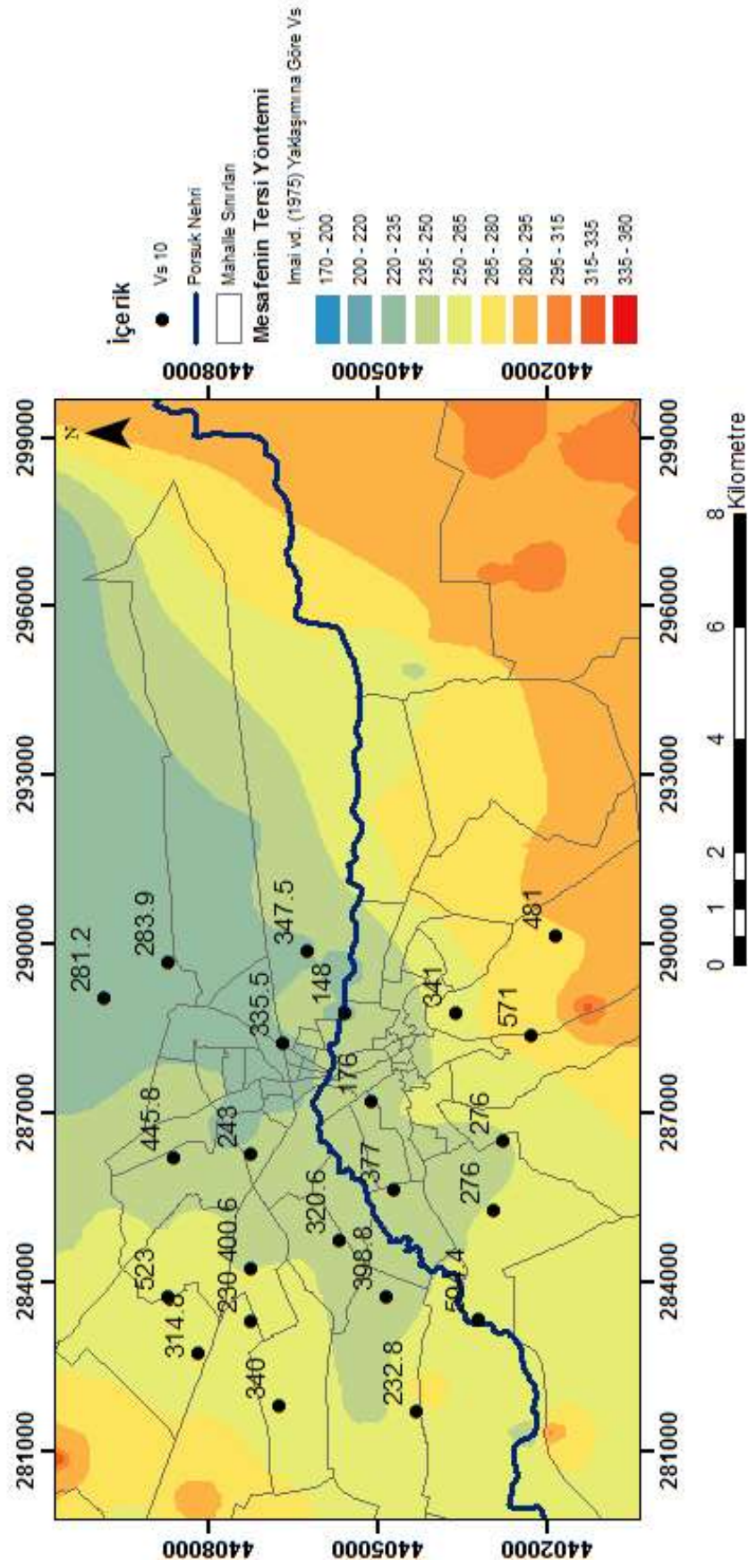
Sekil 6.29. 0-30 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



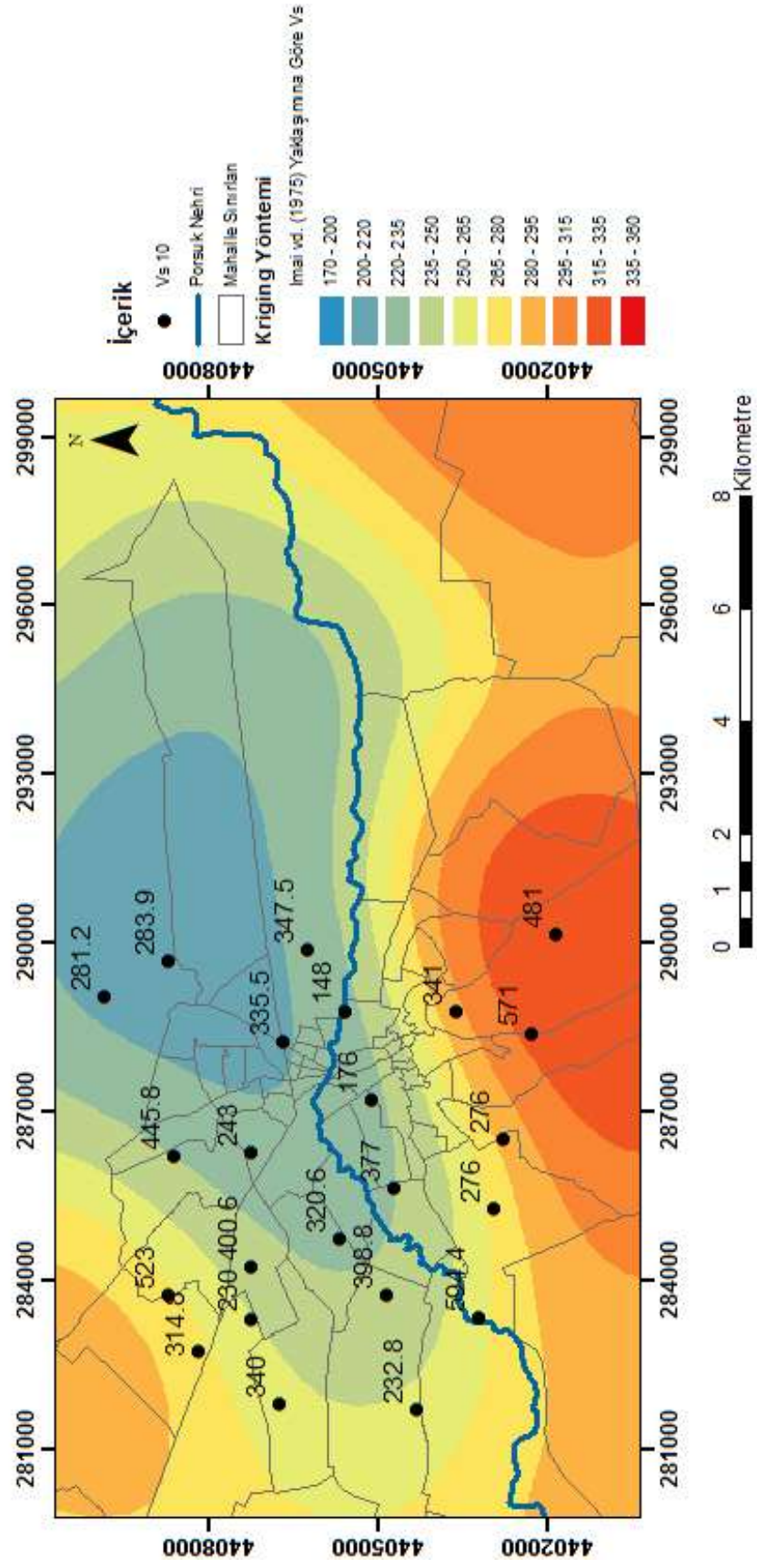
Şekil 6.30. 0-30 m derinlik için Ohsaki ve Iwasaki (1973) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası

6.1.6. İmai vd. (1975) Yöntemi

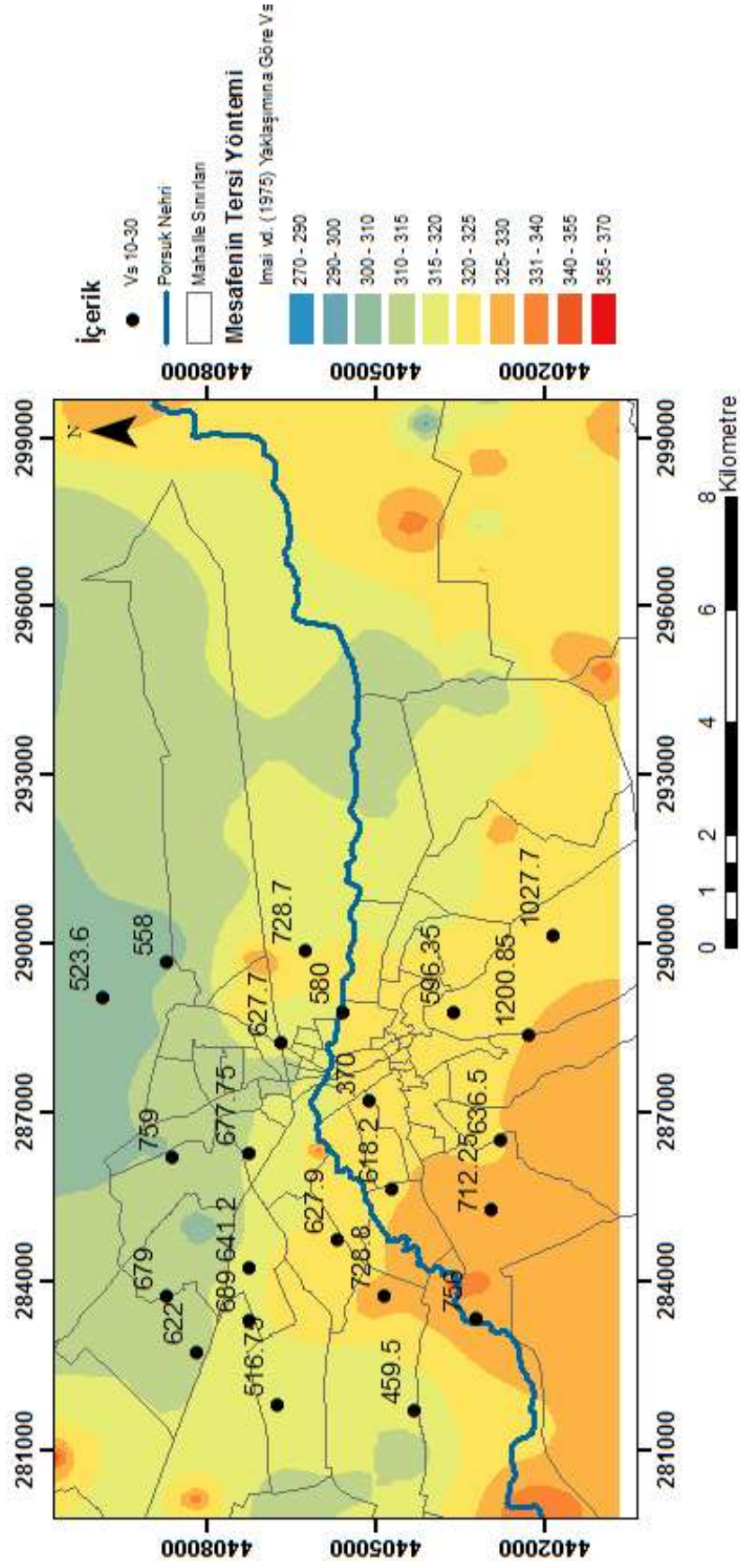
İmai, Fumuto ve Yokota 1975 yılında yapmış oldukları “The relation of mechanical properties of soil to P and S- wave velocities in Japan” adlı yayınlarında, SPT-N ile Vs arasındaki ilişkiyi $V_s = 89.9N^{0.341}$ ampirik yaklaşımı ile öne sürmüşlerdir (Imai ve ark. 1975). Bu ampirik yaklaşım göz önüne alınarak, 0-10 m için SPT-N değerlerinden ağırlıklı Vs ortalaması, 10-30 m için SPT-N değerlerinden ağırlıklı Vs ortalaması ve 0-30 m için ağırlıklı Vs ortalaması hesapları yapılarak, elde edilen veriler Mesafenin Tersine ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır. (Şekil 6.31, 6.32, 6.33, 6.34, 6.35, 6.36). İmai ve arkadaşlarının 1975’te önerdiği yaklaşımına göre elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde, 0-10 m derinlikteki alüvyon zemin içinde iyi bir ilişki gösterdiği, ancak 10-30 ve 0-30 m derinlikteki alüvyon zemin için aynı ilişkiyi göstermediği, bazı alanlarda yaklaşık 250 m/sn’lik farklar olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu yaklaşıma göre elde edilen haritalar, Eskişehir Jeoloji haritası göz önüne alınarak incelendiğinde, ana kaya olan zeminlerde kayma dalgası hızının 360-370 m/sn arasında değiştiği görülmektedir. Ancak NEHRP’e göre zemin sınıflama kriterleri göz önüne alındığında, sağlam dayanıklı sert ana kaya olarak tanımlanan zeminlerde S dalgası hızı, 760 m/sn’den az olmamalıdır. Bu nedenle İmai vd. (1975) yaklaşımı Eskişehir zemini için doğruluk göstermemektedir.



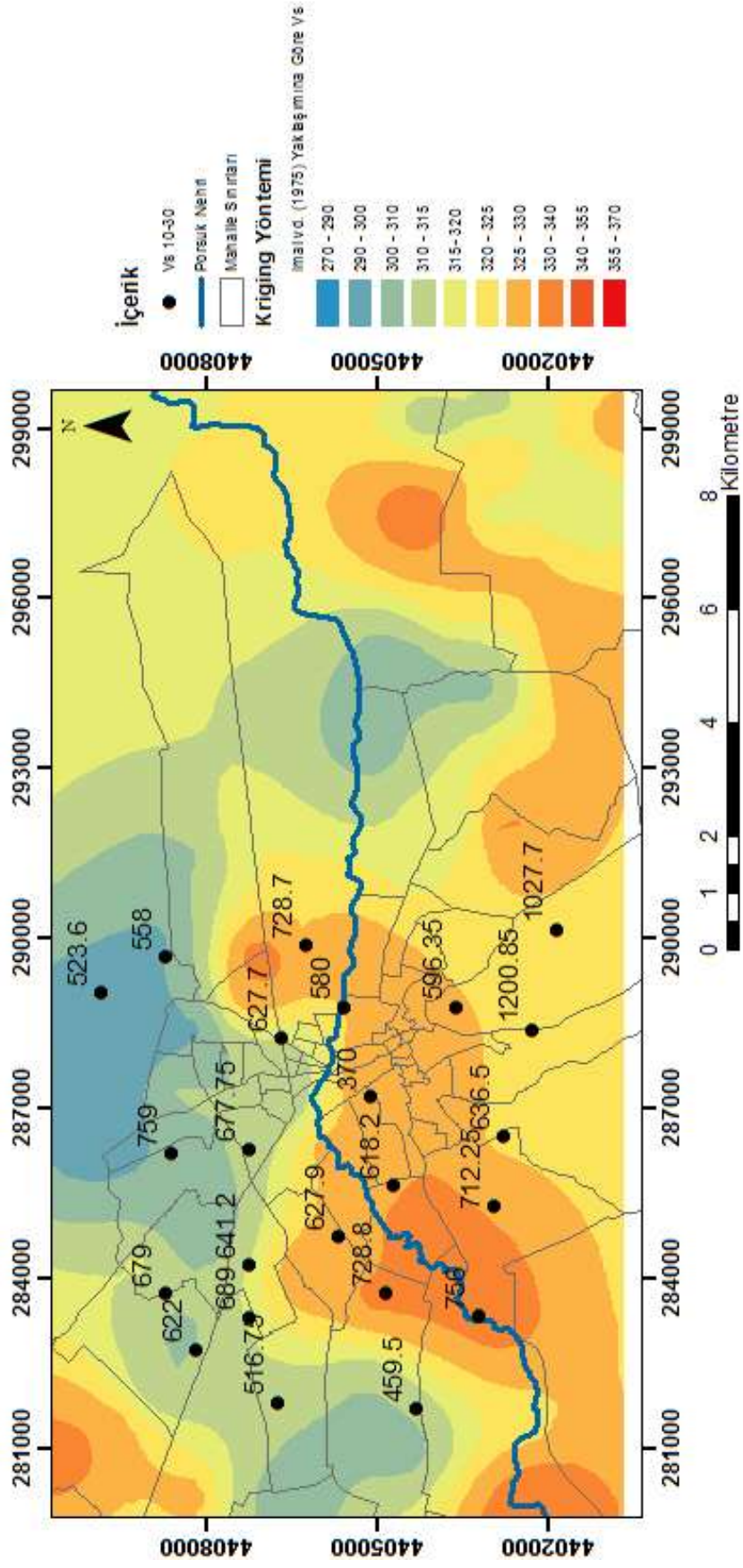
Şekil 6.31. 0-10 m derinlik için Imai vd. (1975) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



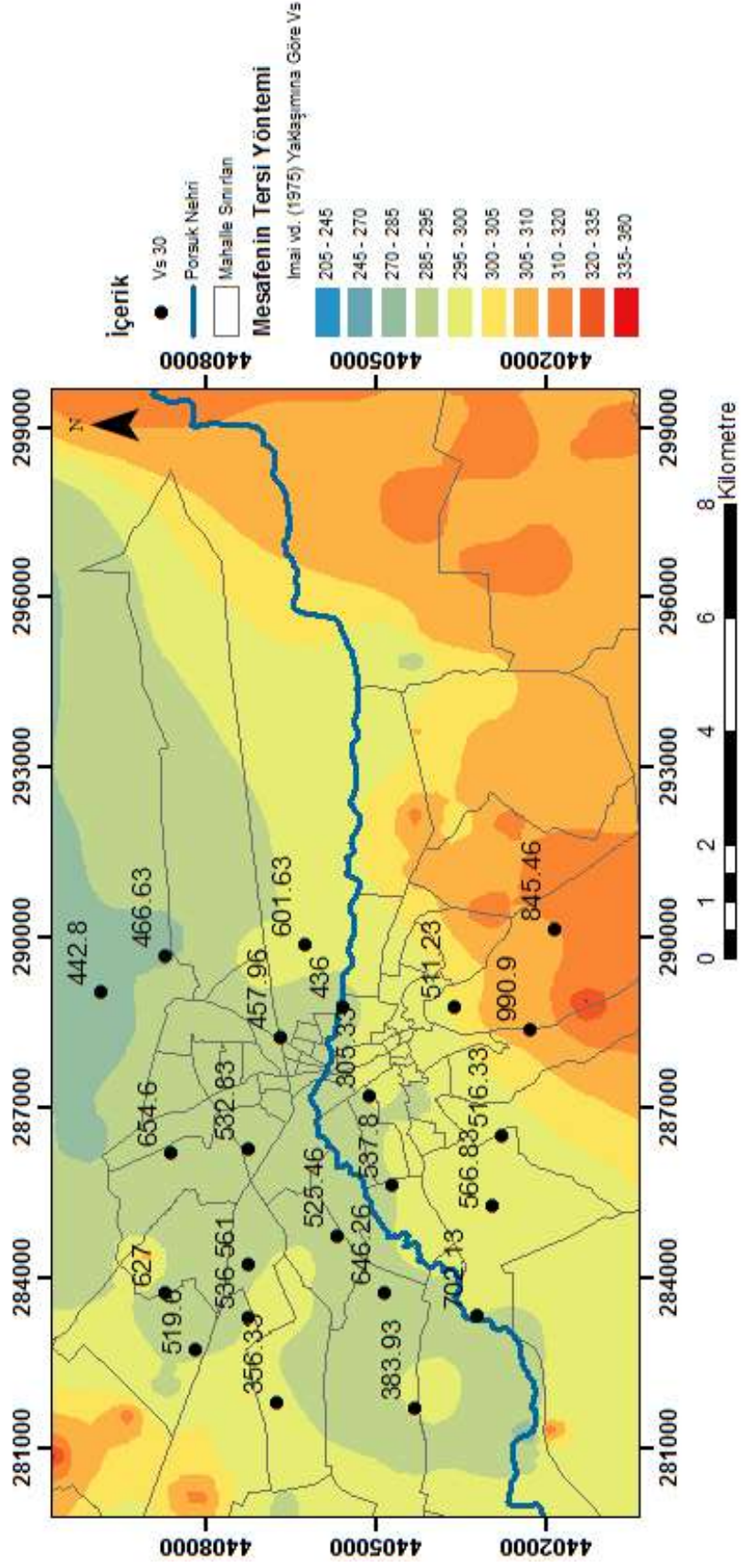
Şekil 6.32. 0-10 m derinlik için Imai vd. (1975) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



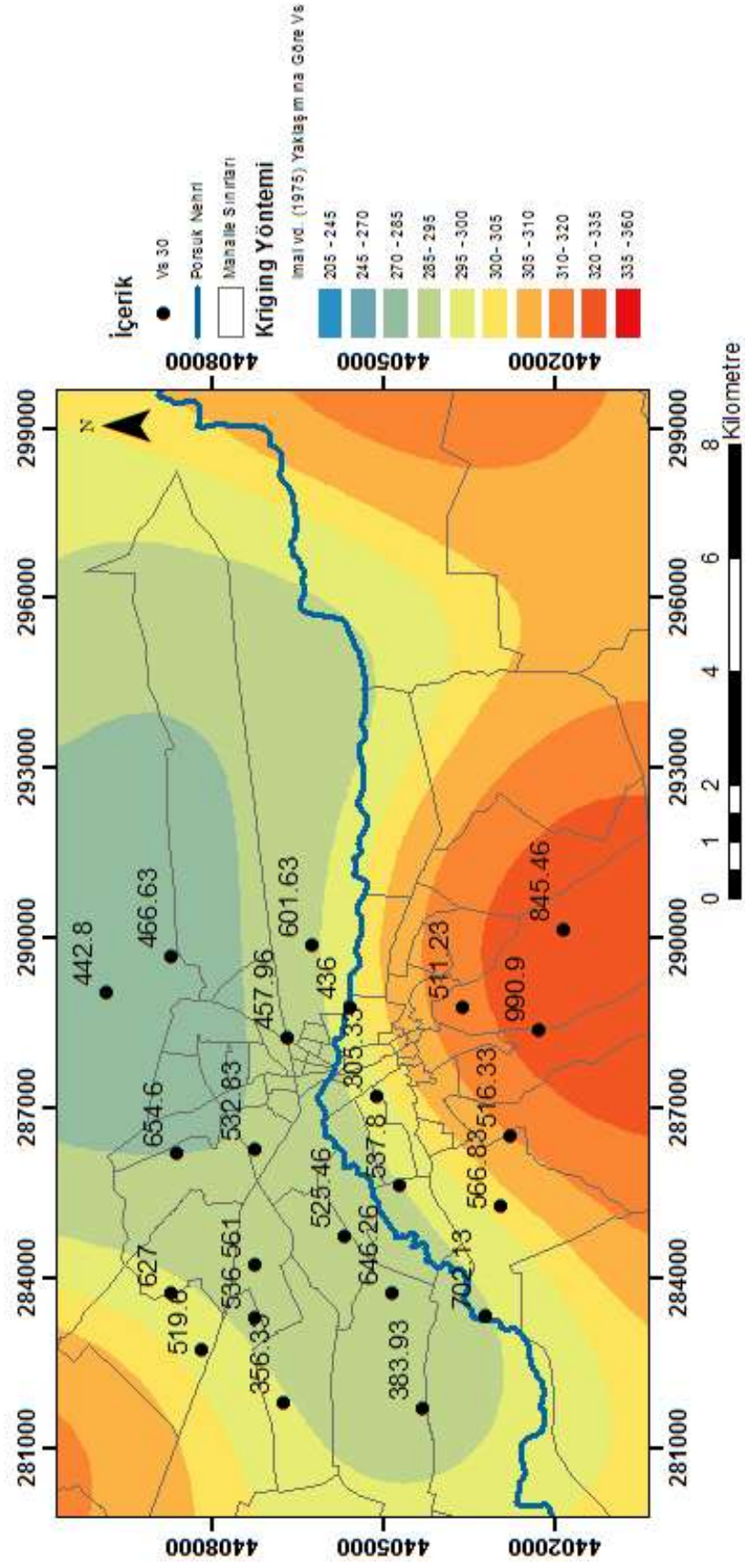
Şekil 6.33. 10-30 m derinlik için Inai vd. (1975) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



Şekil 6.34. 10-30 m derinlik için İmai vd. (1975) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



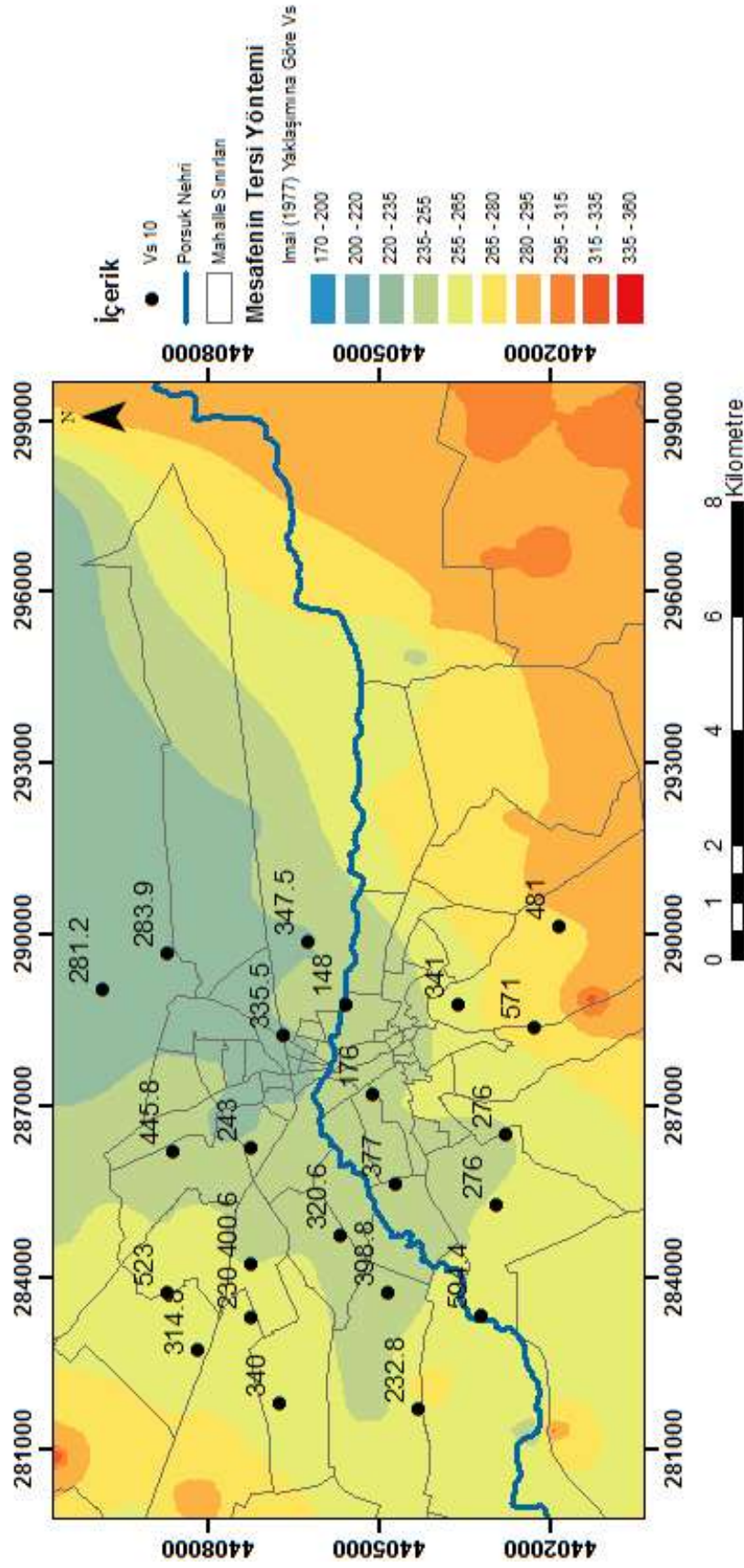
Şekil 6.35. 0-30 m derinlik için Imai vd. (1975) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



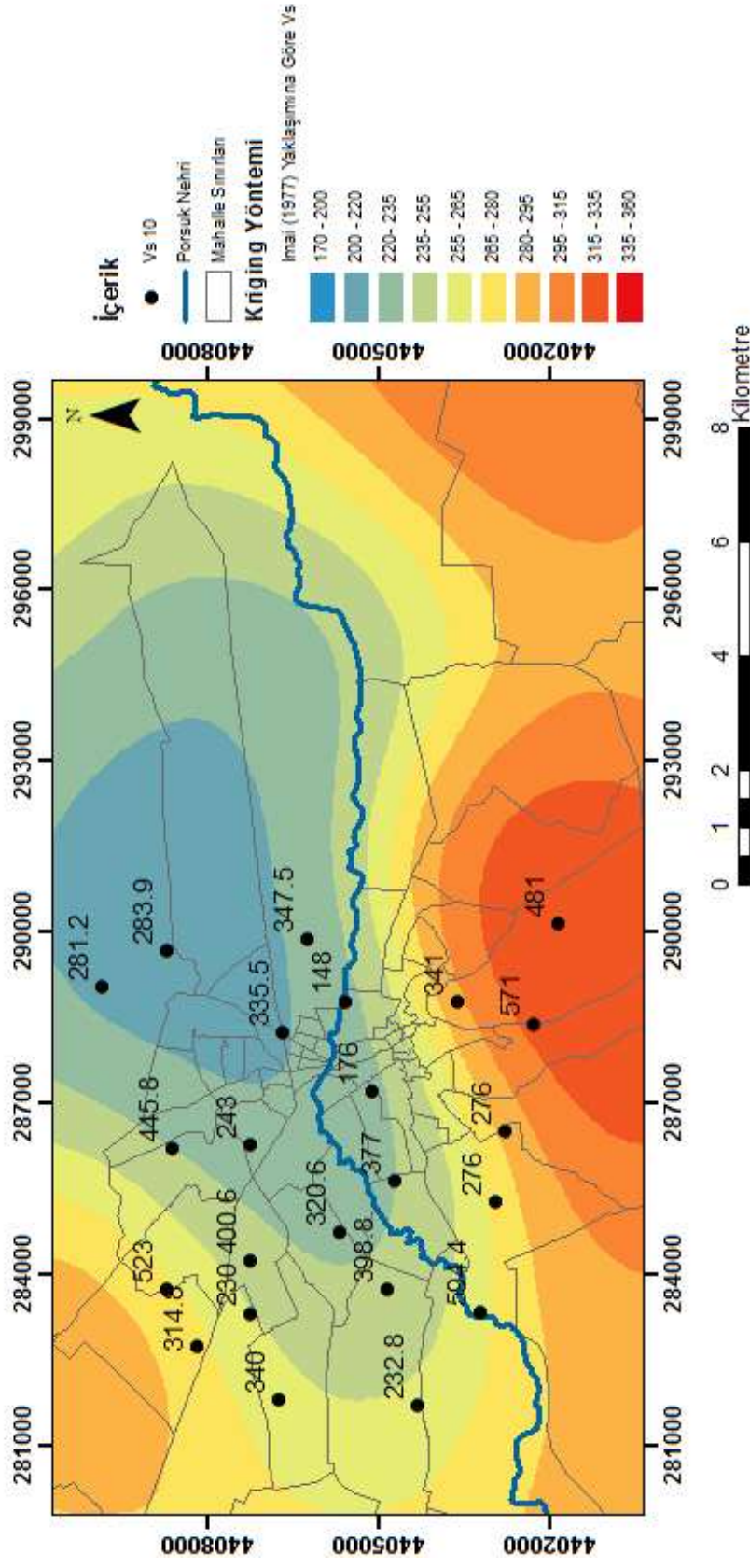
Şekil 6.36. 0-30 m derinlik için Imai vd. (1975) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası

6.1.7. İmai Yöntemi (1977)

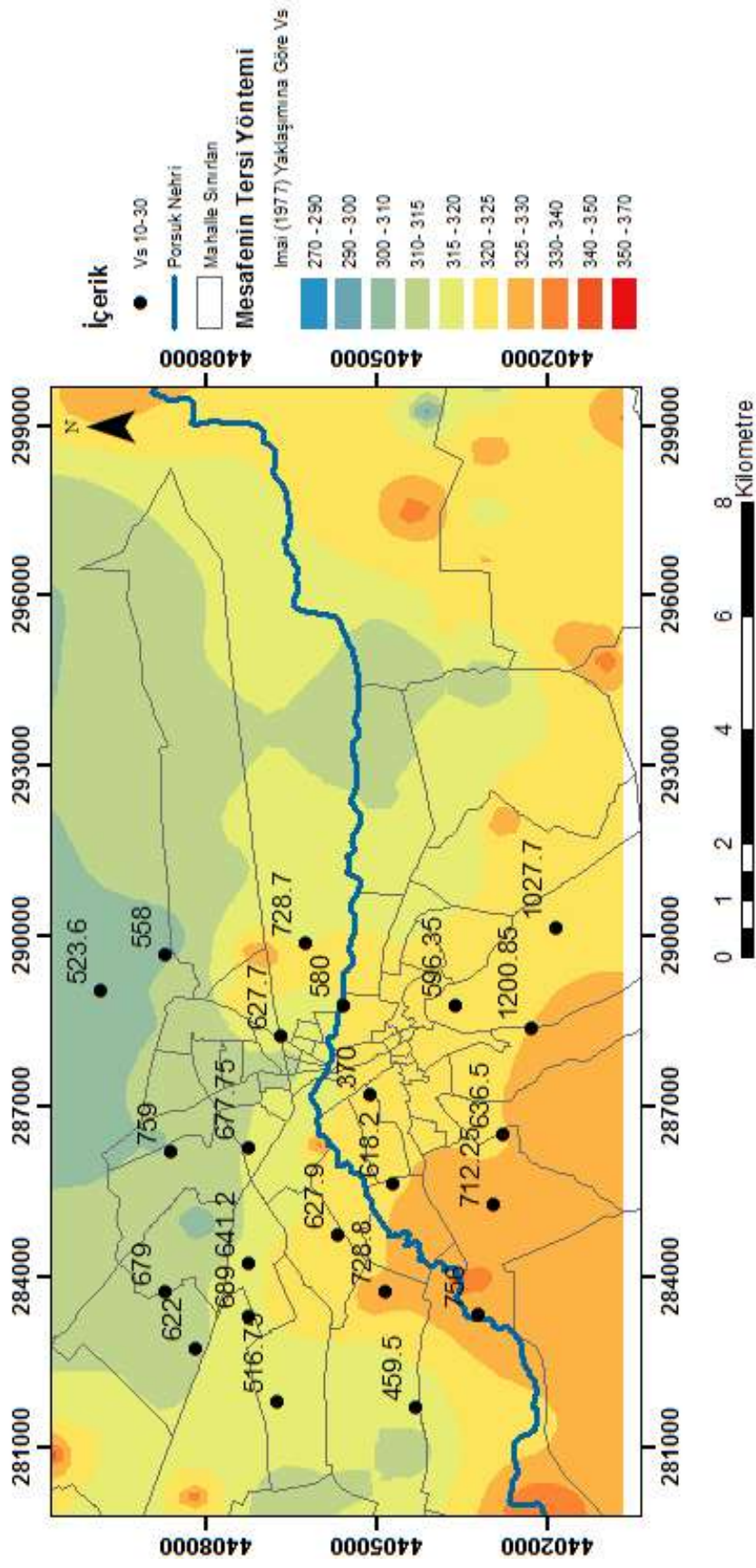
Imai 1977 yılında yaptığı “P and S wave velocities of the ground in Japan” adlı çalışmasında, tüm zeminler için $V_s=91N^{0,337}$ ampirik yaklaşımını öne sürmüştür (Imai, 1977). Bu ampirik yaklaşım göz önüne alınarak, 0-10 m için SPT-N değerlerinden ağırlıklı V_s ortalaması, 10-30 m için SPT-N değerlerinden ağırlıklı V_s ortalaması ve 0-30 m için ağırlıklı V_s ortalaması hesapları yapılarak, elde edilen veriler Mesafenin Tersisi ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır (Şekil 6.37, 6.38, 6.39, 6.40, 6.41, 6.42). Bu yaklaşım sonucu elde edilen haritalar, Eskişehir Jeoloji haritası göz önüne alınarak detaylı incelendiğinde, ana kaya olan zeminlerde kayma dalgası hızının 360-370 m/sn olduğu görülmektedir. Ancak NEHRP’in zemin sınıflama kriterleri göz önüne alındığında, sağlam dayanıklı sert ana kaya olarak tanımlanan zeminlerde S dalgası hızının 760 m/sn’den az olmamalıdır. Bu nedenle Imai (1977) yaklaşımı Eskişehir zemini için gerçeği yansıtmamaktadır.



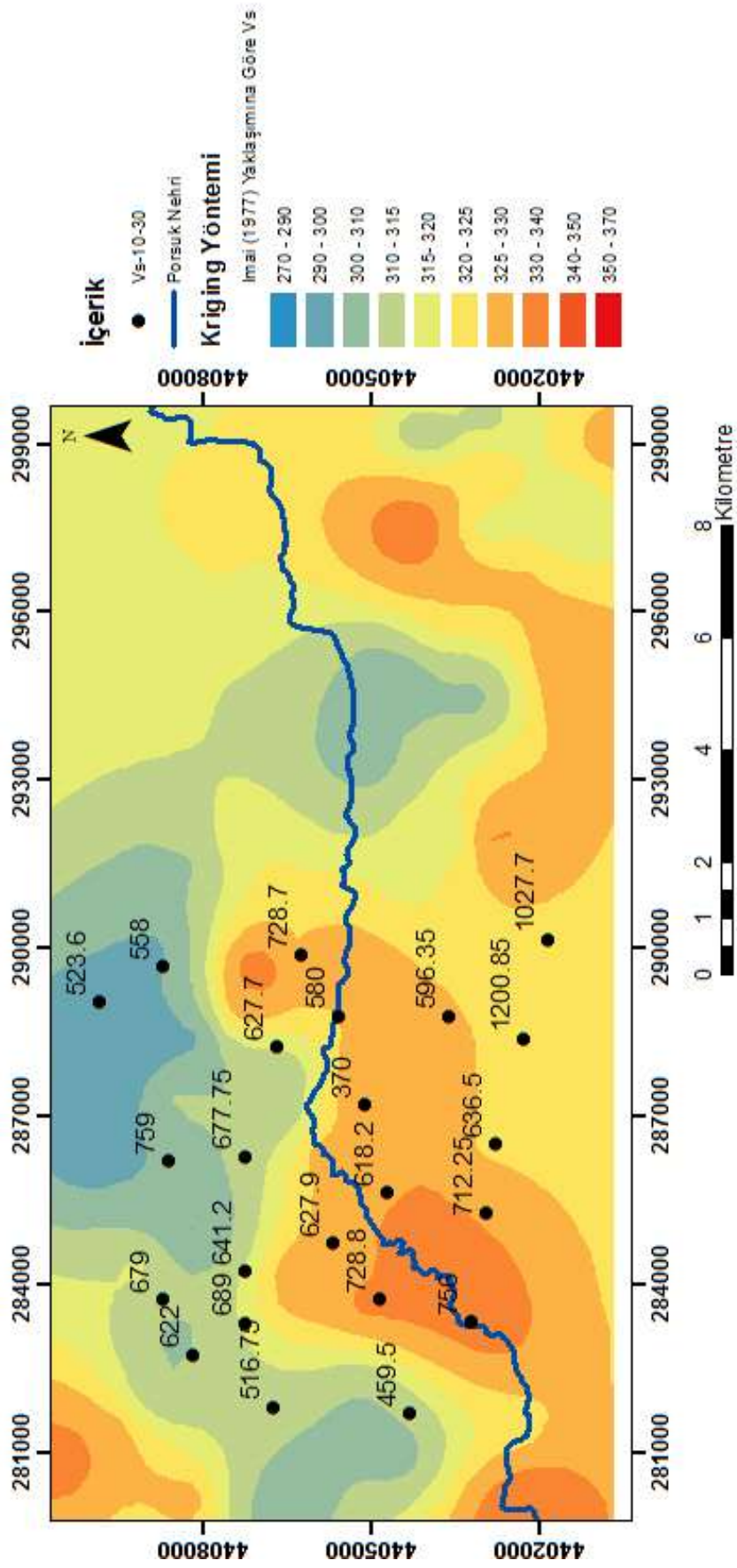
Şekil 6.37. 0-10 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



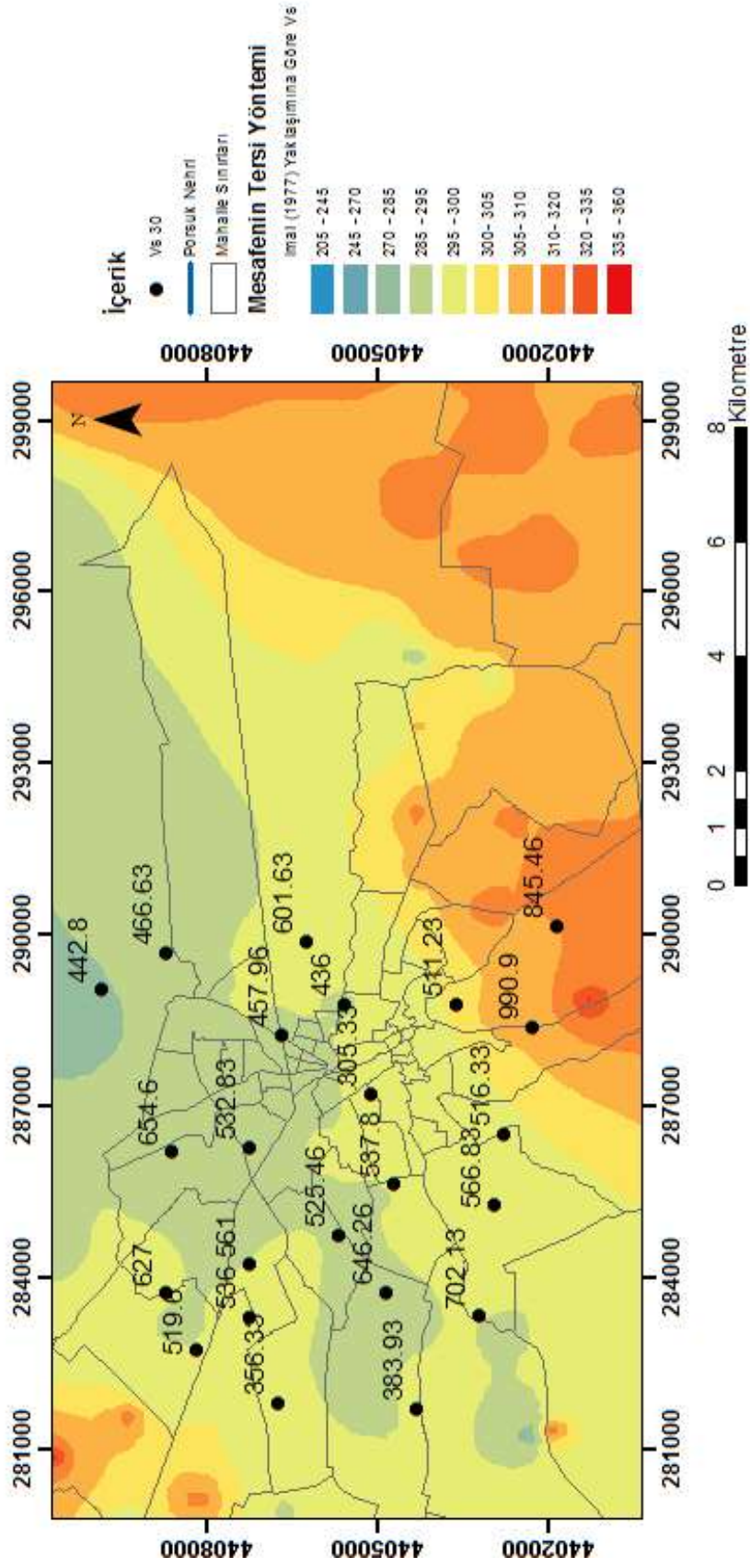
Şekil 6.38. 0-10 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



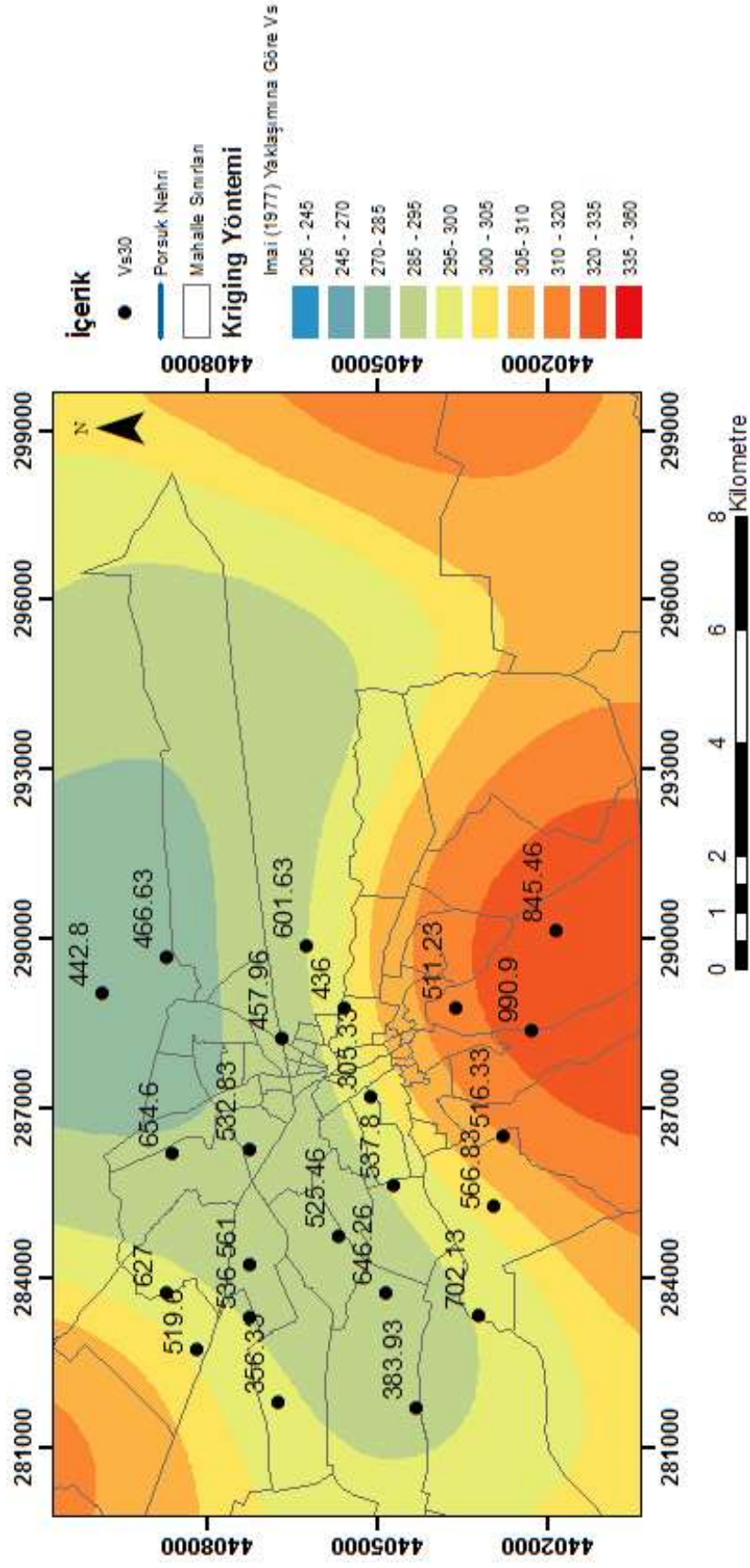
Şekil 6.39. 10-30 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



Şekil 6.40. 10-30 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



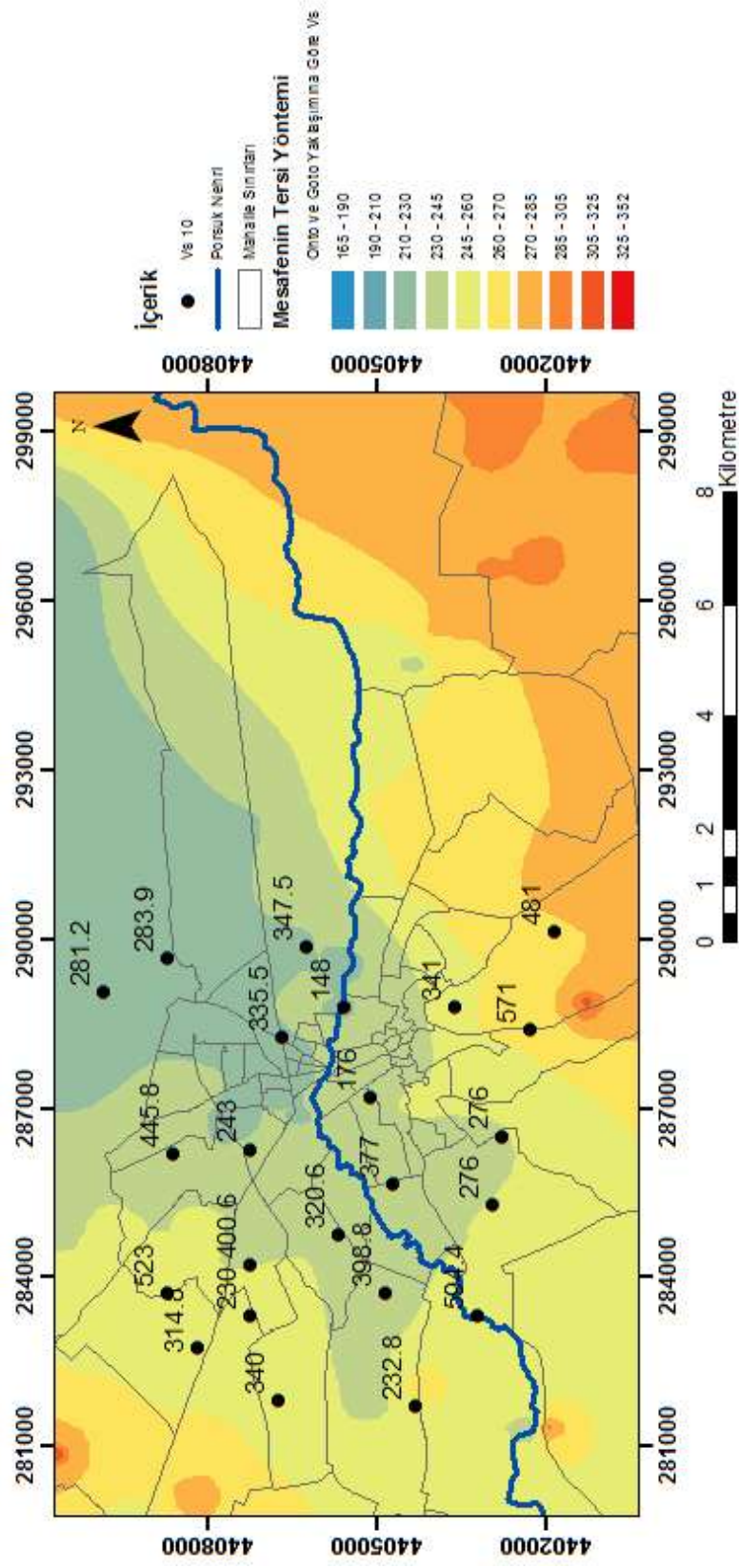
Şekil 6.41. 0-30 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



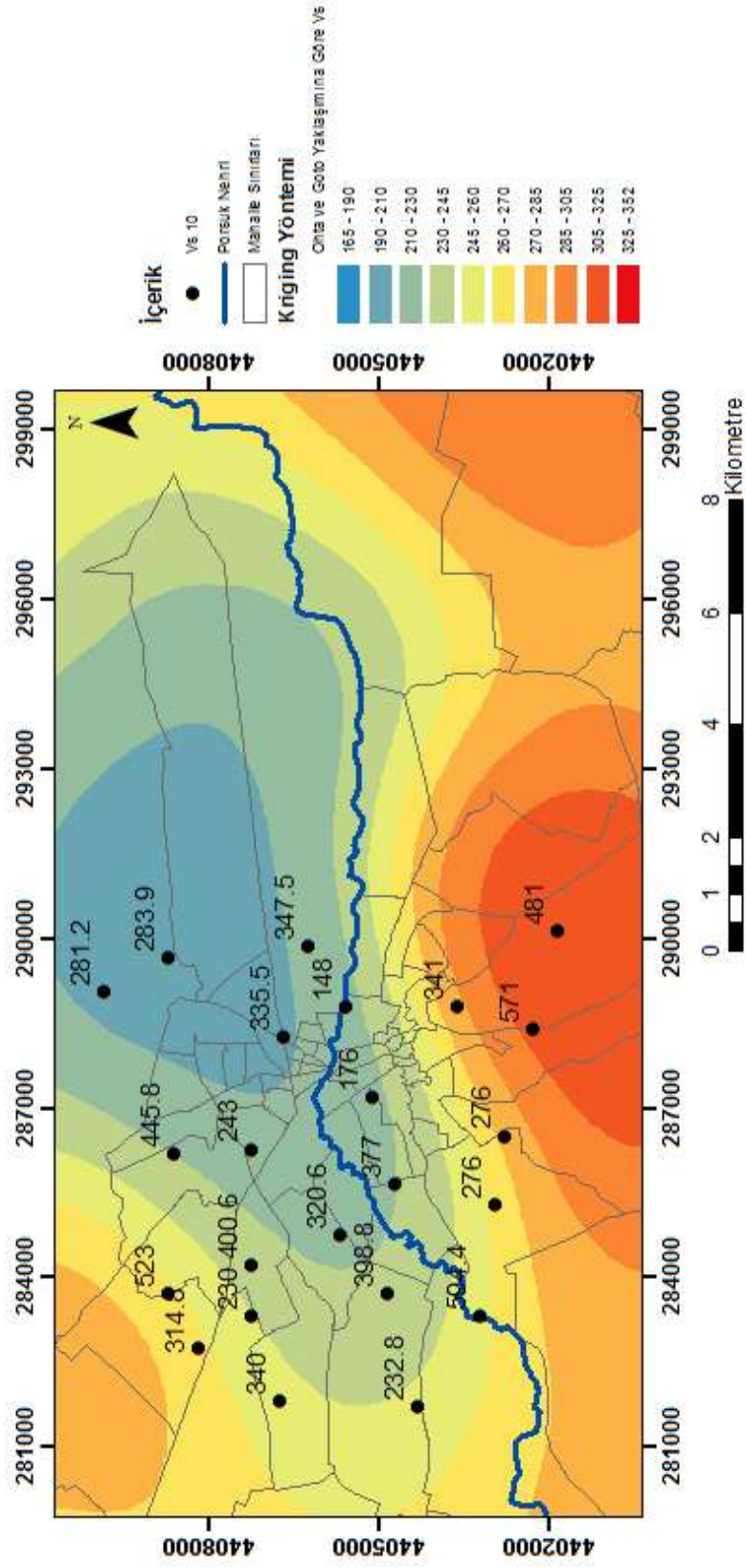
Şekil 6.42. 0-30 m derinlik için Imai (1977) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası

6.1.8. Ohta ve Goto Yöntemi (1978)

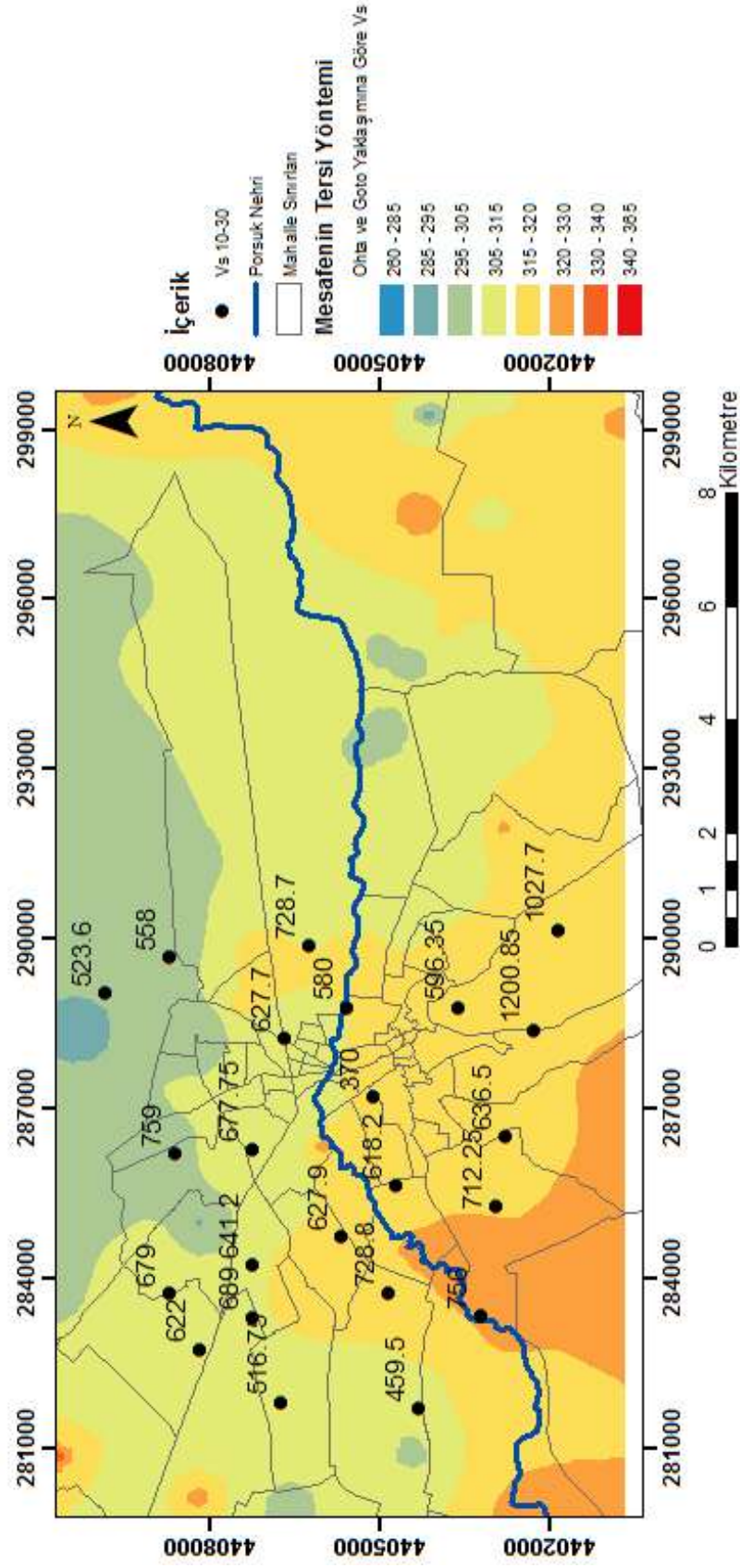
Ohta ve Goto, 1978 yılında yapmış oldukları “Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristics soil indexes” adlı çalışmalarında SPT-N ile V_s arasındaki ilişkiyi $V_s=85,35N^{0,348}$ yaklaşımı ile öne sürmüştür (Ohta ve Goto, 1978). Bu ampirik yaklaşım göz önüne alınarak, 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m için SPT-N değerlerinden V_s ağırlıklı ortalaması hesapları yapılarak, elde edilen veriler Mesafenin Tersisi ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır (Şekil 6.43, 6.44, 6.45, 6.46, 6.47, 6.48). Ohta ve Goto yöntemine göre elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde max V_s değerinin 0-10 m derinlik 352 m/sn ve 10-30 m derinlik için 364 m/sn olduğu belirlenmiştir. Ancak NEHRP’in zemin sınıflama kriterleri göz önüne alındığında, sağlam dayanıklı sert ana kaya olarak tanımlanan zeminlerde S dalgası hızı 760 m/sn’den az olmamalıdır. Bu nedenle Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı, Eskişehir zemini için gerçeği yansıtmamaktadır.



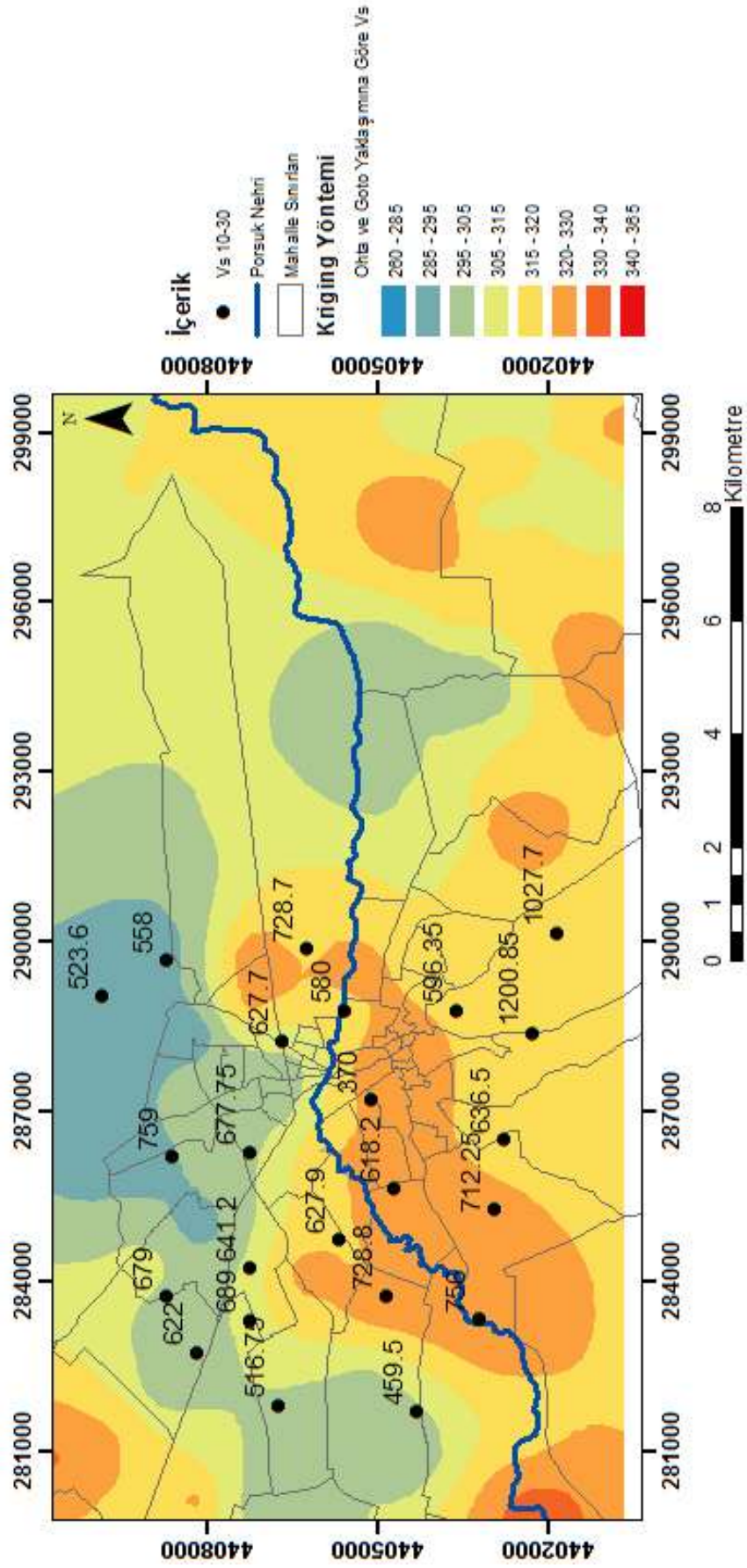
Şekil 6.43. 0-10 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



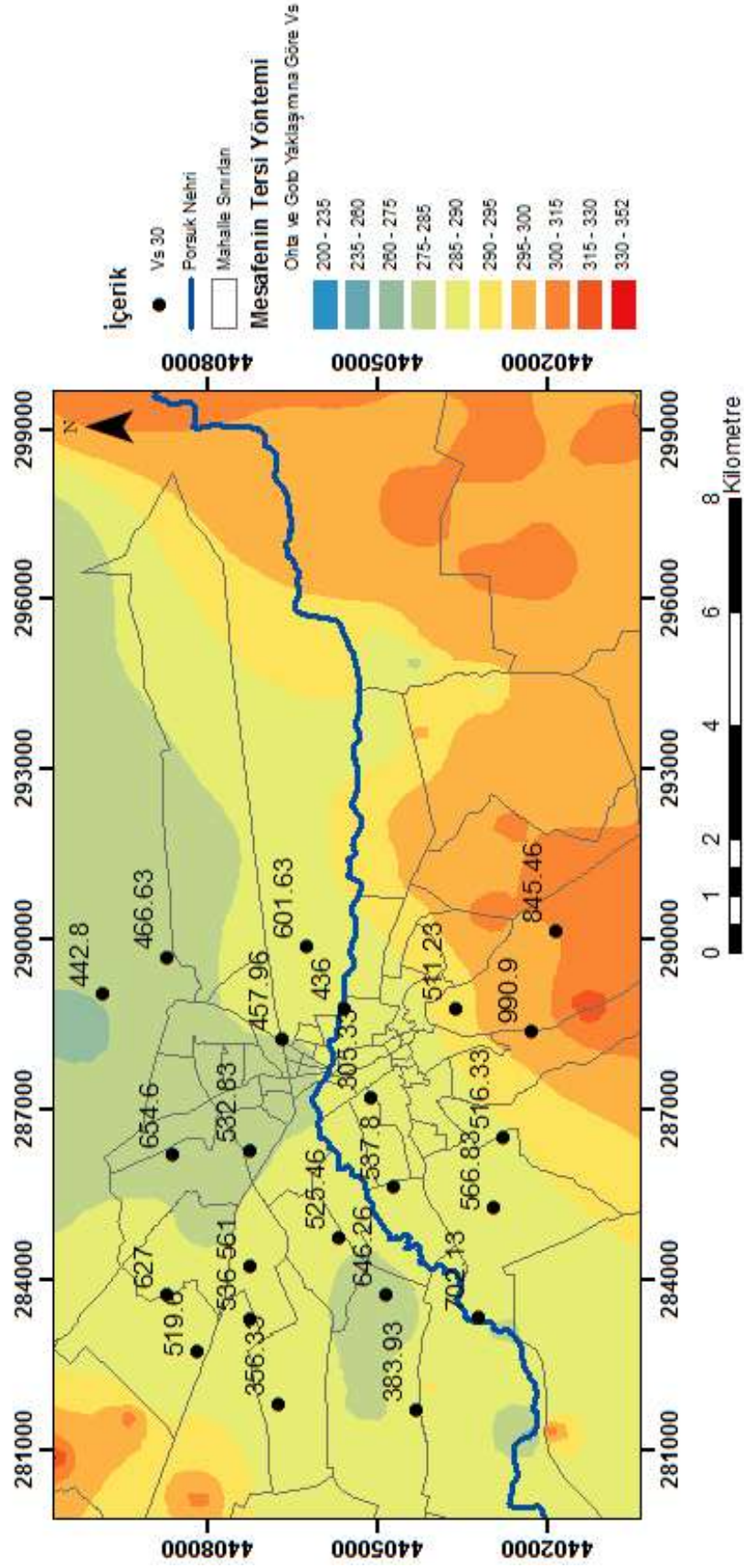
Şekil 6.44. 0-10 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



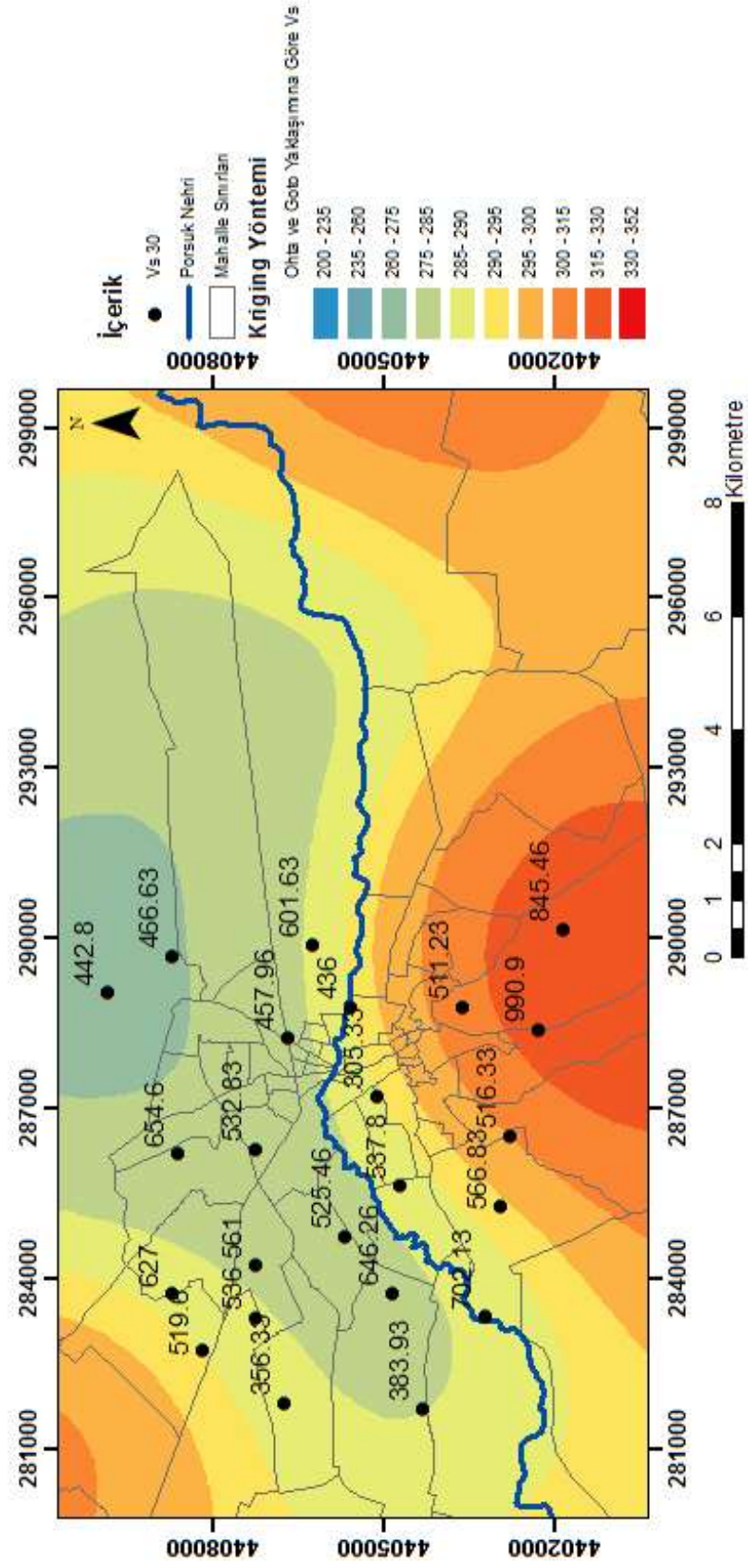
Şekil 6.45. 10-30 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



Şekil 6.46 10-30 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



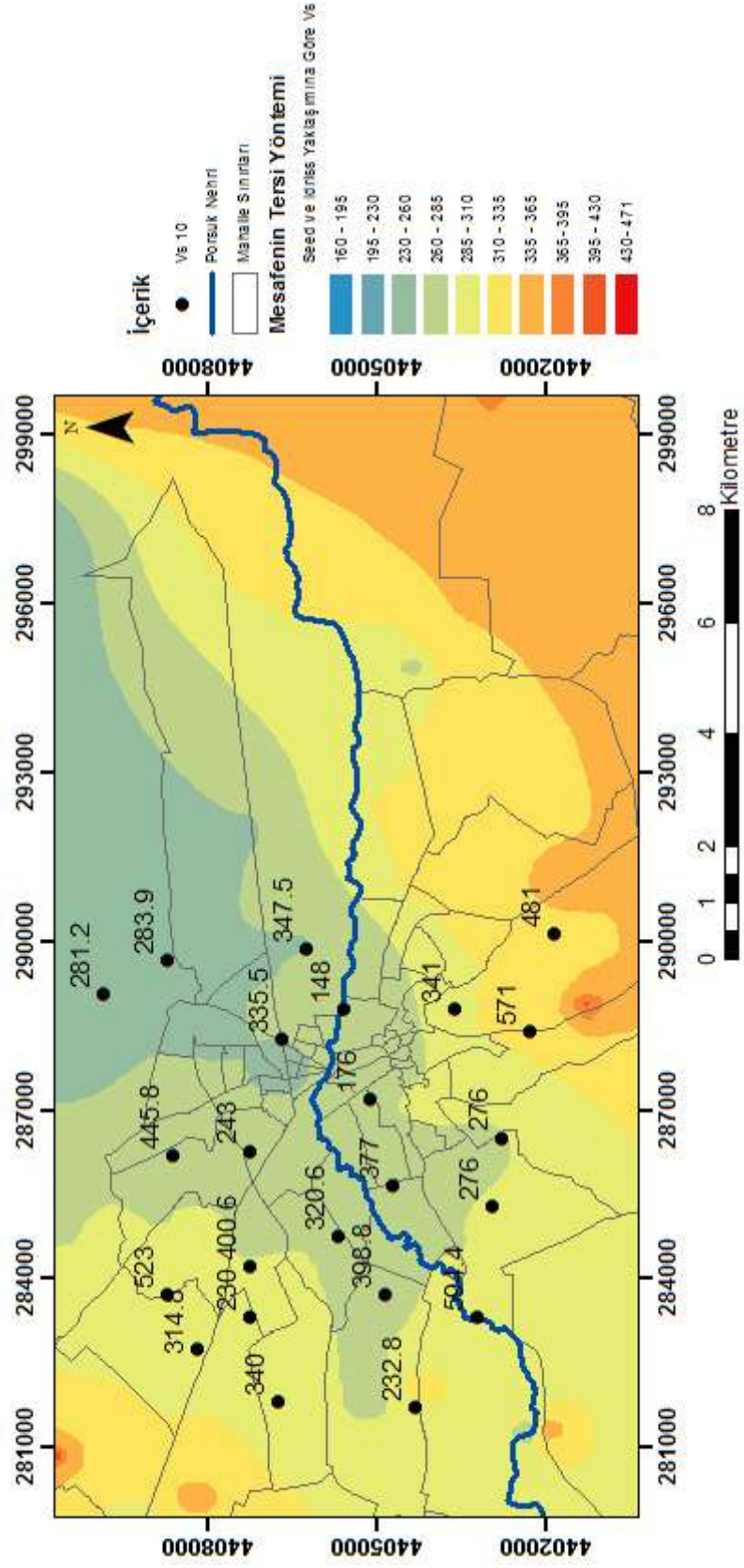
Şekil 6.47. 0-30 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



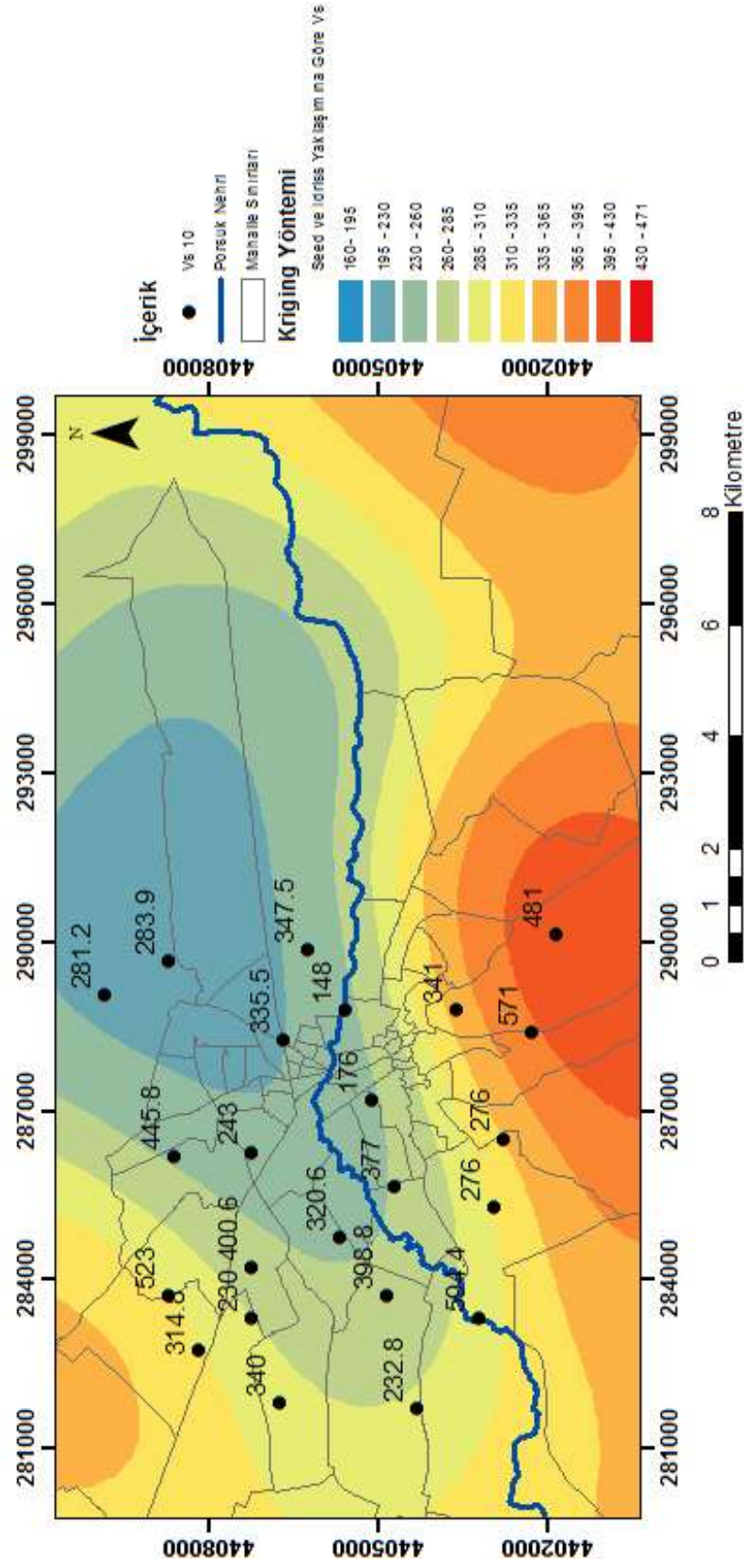
Şekil 6.48. 0-30 m derinlik için Ohta ve Goto (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası

6.1.9. Seed ve Idriss Yöntemi (1981)

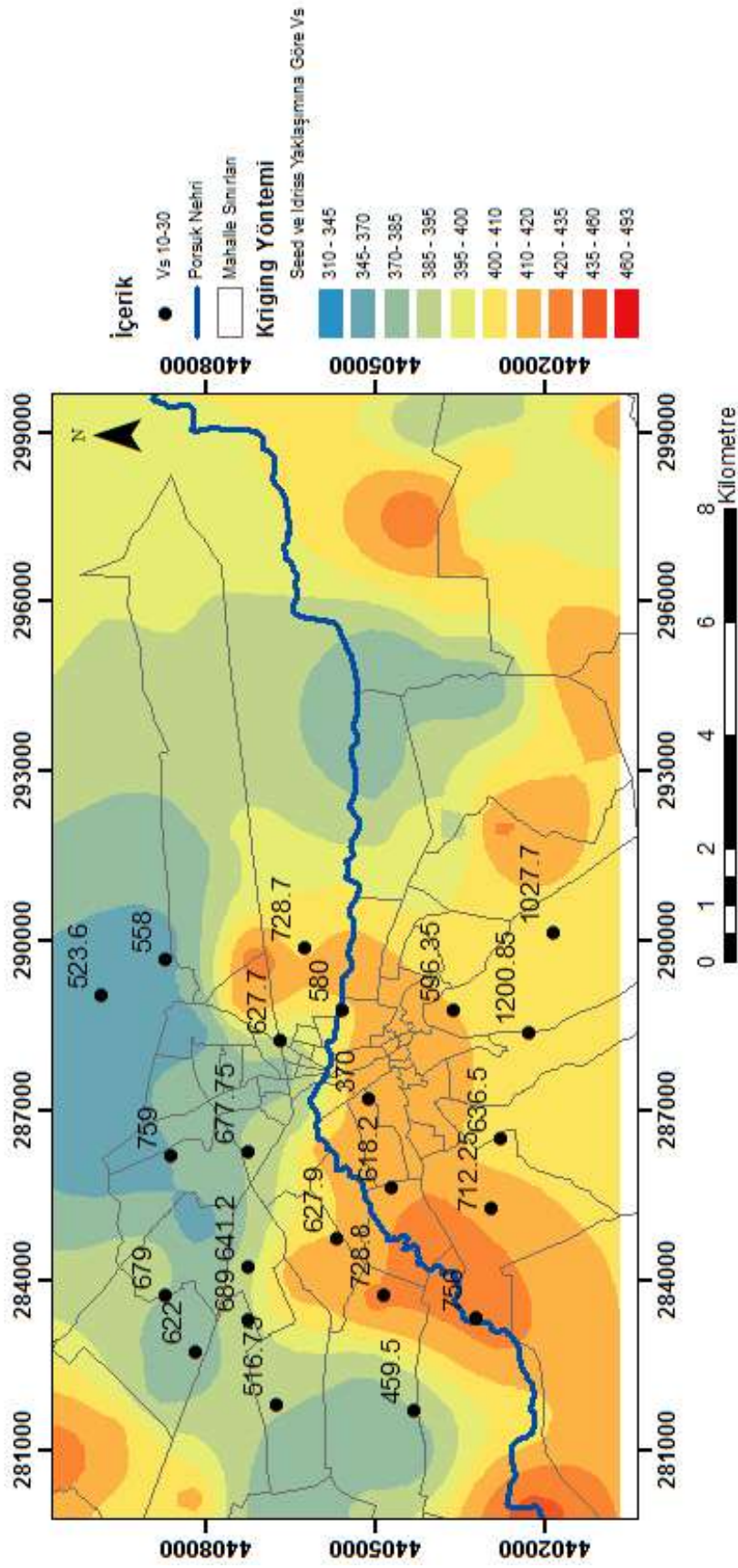
Seed ve Idriss'in 1981 yılında yapmış oldukları "Evaluation of liquefaction potential sand deposits based on observation of performance in previous earthquakes" adlı çalışmalarında SPT-N ile V_s arasındaki ilişkiyi $V_s=61.4N^{0.5}$ yaklaşımı ile öne sürmüşlerdir (Seed ve Idriss, 1981). Bu ampirik yaklaşım göz önüne alınarak, 0-10 m 10-30 m ve 0-30 m için SPT-N'e bağlı V_s hesapları yapılarak, elde edilen değerler konuma dayalı olarak Mesafenin Tersisi ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır. (Şekil 6.49, 6.50, 6.51, 6.52, 6.53, 6.54). Seed ve Idriss 'in önermiş olduğu yaklaşıma göre elde edilen haritalar incelendiğinde, max v_s değerinin 493 m/sn değrinde olduğu görülmektedir. Elde edilen haritalar, Eskişehir Jeoloji Haritası göz önüne alınarak incelendiğinde, çalışma alanının ana kaya olan zeminlerinde max 493 m/sn değeri elde edilmiştir. Ancak NEHRP'in zemin sınıflama kriterleri göz önüne alındığında, sağlam dayanıklı sert ana kaya olarak tanımlanan zeminlerde S dalgası hızının 760 m/sn'den az olmamalıdır. Bu nedenle Imai (1977) yaklaşımı Eskişehir zemini için iyi ilişki göstermemektedir.



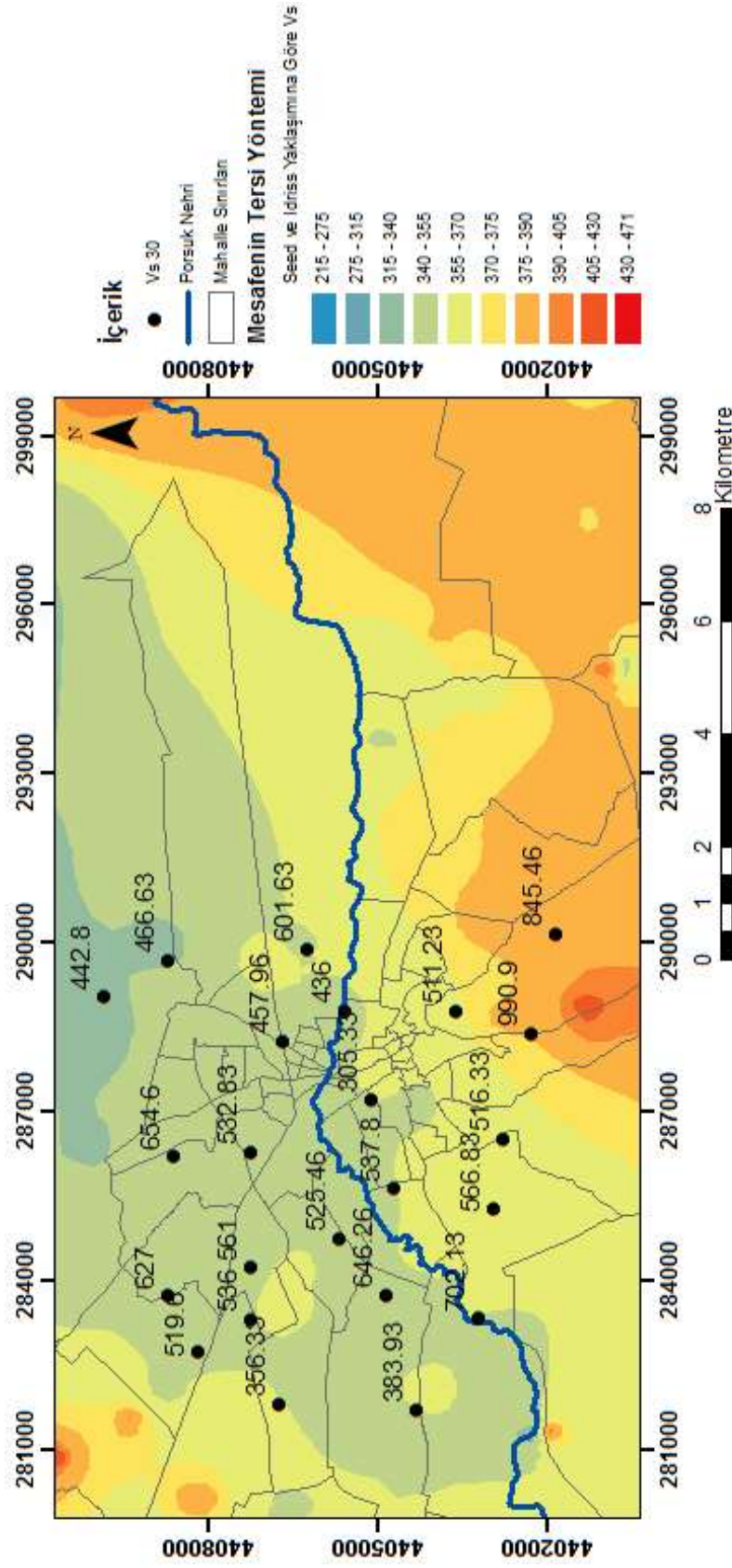
Şekil 6.49. 0-10 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



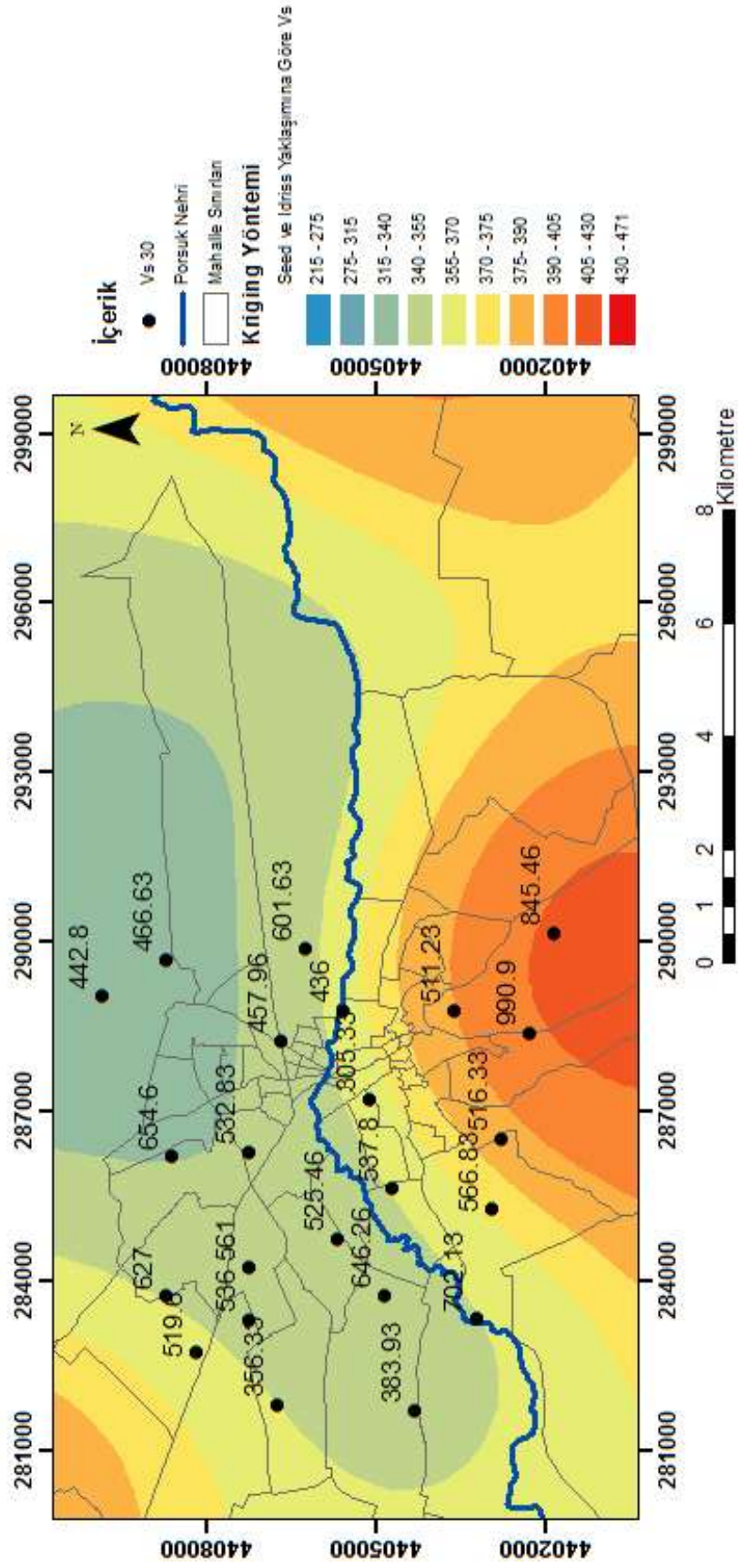
Şekil 6.50. 0-10 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



Şekil 6.52. 10-30 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



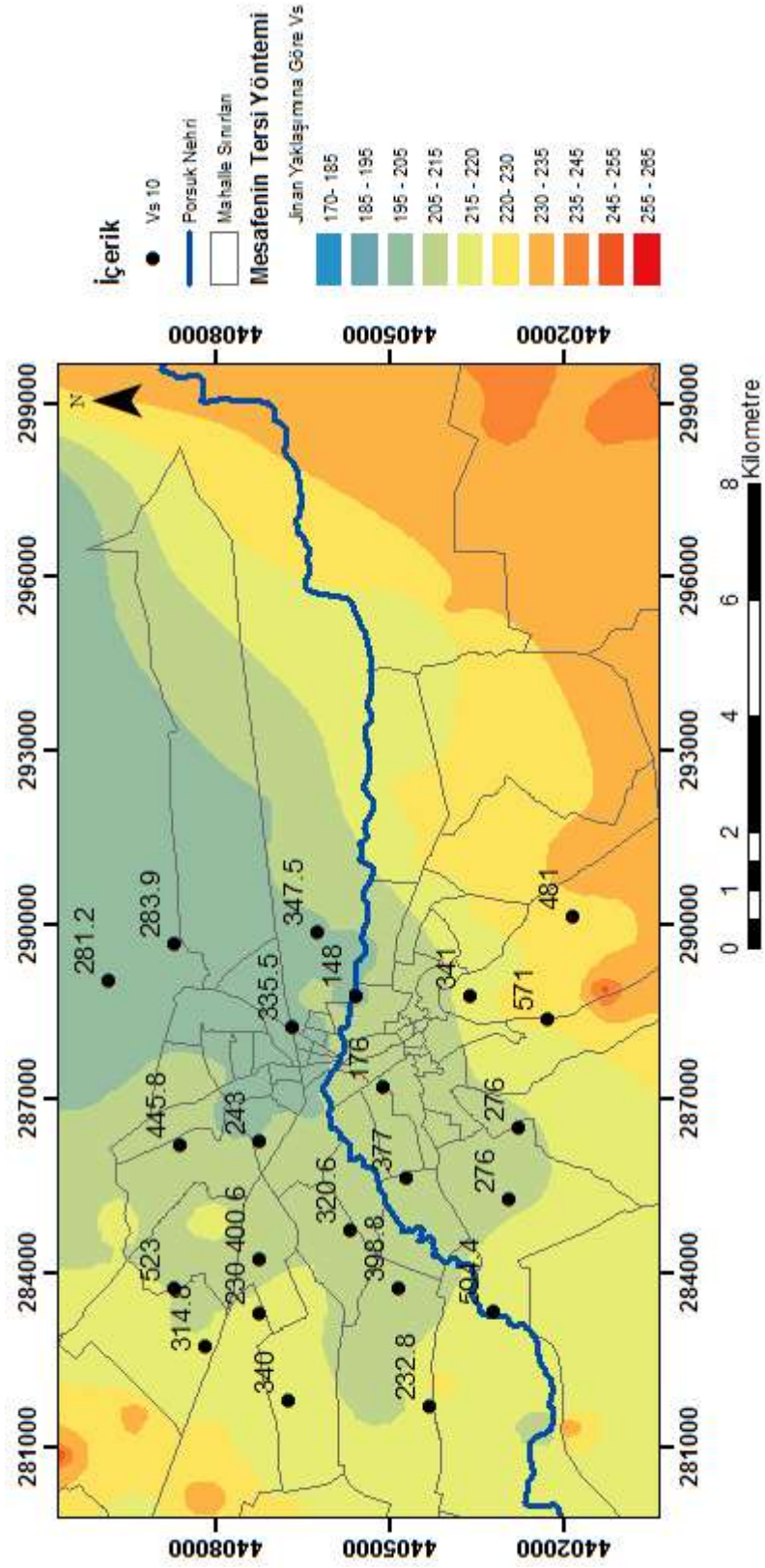
Şekil 6.53. 0-30 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



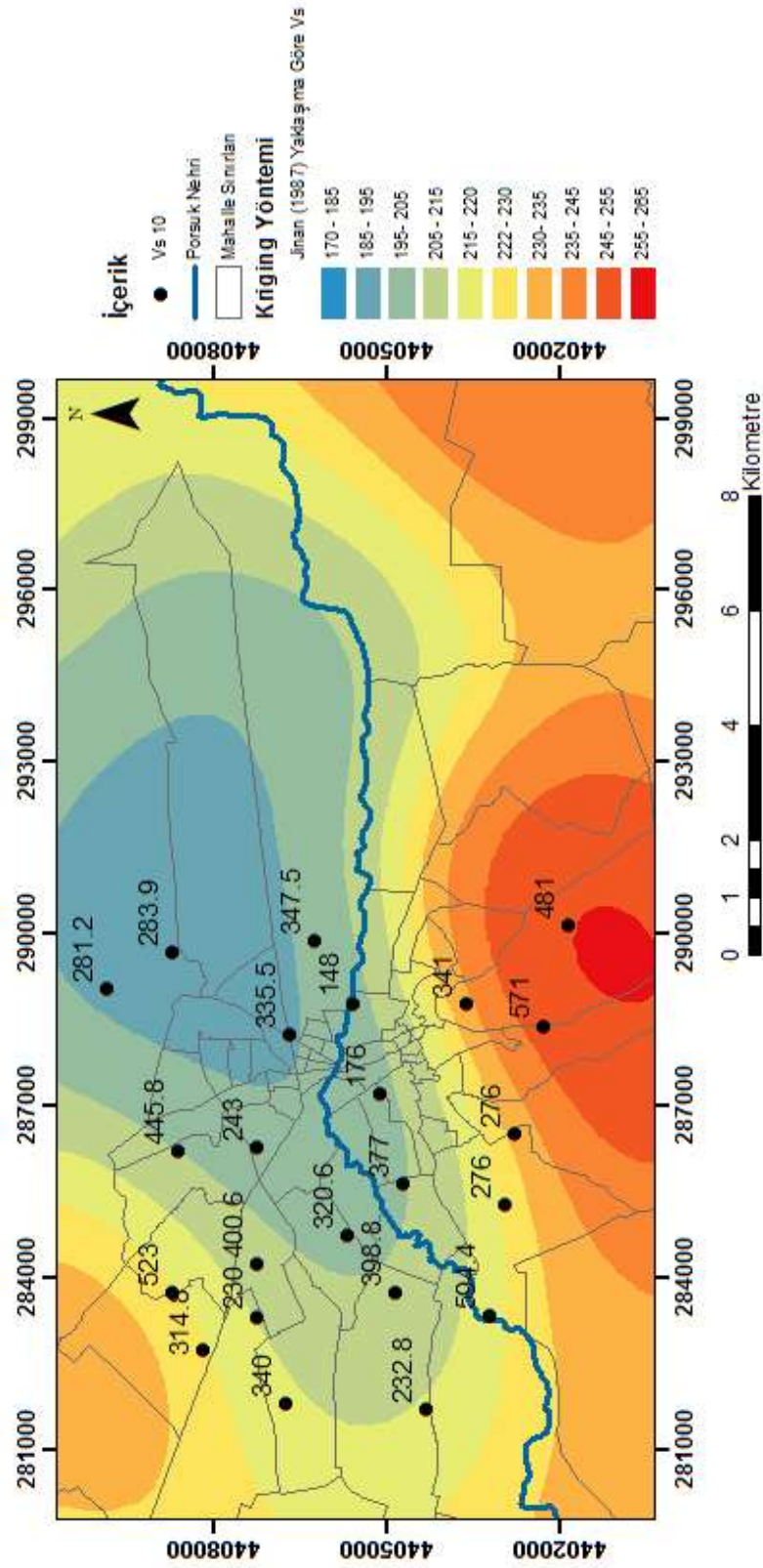
Şekil 6.54. 0-30 m derinlik için Seed ve Idriss (1978) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası

6.1.10. Jinan Yöntemi (1987)

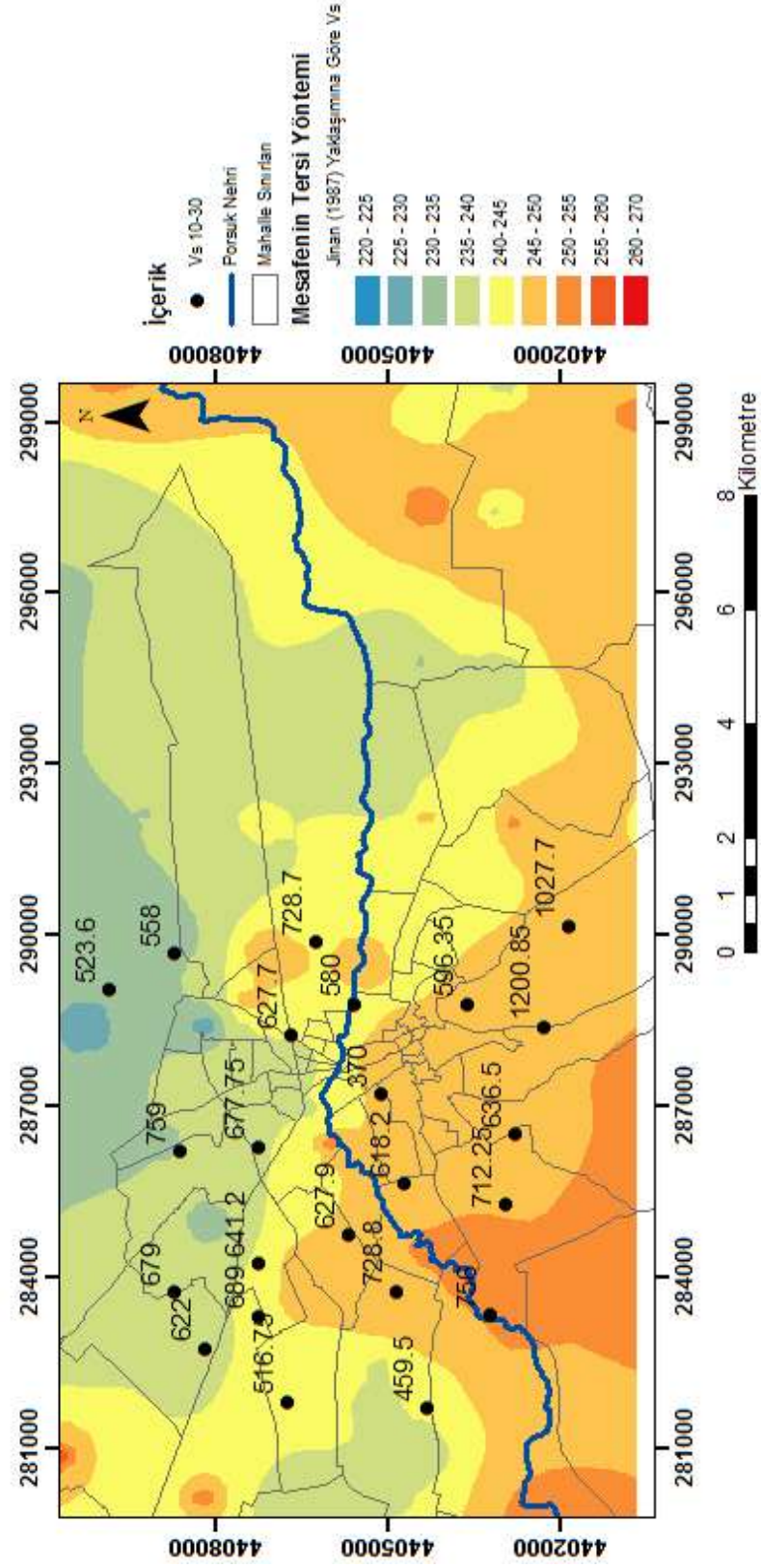
Jinan, 1987 yılında yapmış olduğu “Correlation between seismic wave velocity and number of blow of SPT and depth” adlı yayınında SPT-N ile Vs arasındaki ilişkiyi belirlemiştir. Jafari yaptığı bu çalışmasında SPT-N ile Vs arasındaki ilişkiyi $V_s = 116,1(N + 0,3185)^{0,202}$ olarak öne sürmüştür (Jinan, 1987). Bu yöntem ile, Eskişehir zemini için SPT-N değerlerinin derinliğe bağlı ağırlıklı ortalamaları alınarak, 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m derinliklerdeki zeminler için vs hesapları yapılmış, elde edilen değerler Mesafenin Tersine ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır (Şekil 6.55, 6.56, 6.57, 6.58, 6.59, 6.60). Jinan yöntemine göre elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde, max vs değerlerinin 265-270 m/sn olarak elde edildiği görülmektedir. Ancak haritalar, Eskişehir Jeoloji Haritası göz önüne alınarak incelendiğinde ise, anakaya olan zeminlerde max 265-270 m/sn değerlerine ulaşıldığı belirlenmiştir. Bu değerler için NEHRP’in zemin sınıflama kriterleri göz önüne alındığında, sağlam dayanıklı sert ana kaya olarak tanımlanan zeminlerde S dalgası hızı 760 m/sn’den az olmamalıdır. Bu nedenle Jinan (1987) yaklaşımı Eskişehir zemini için gerçeği yansıtmamaktadır.



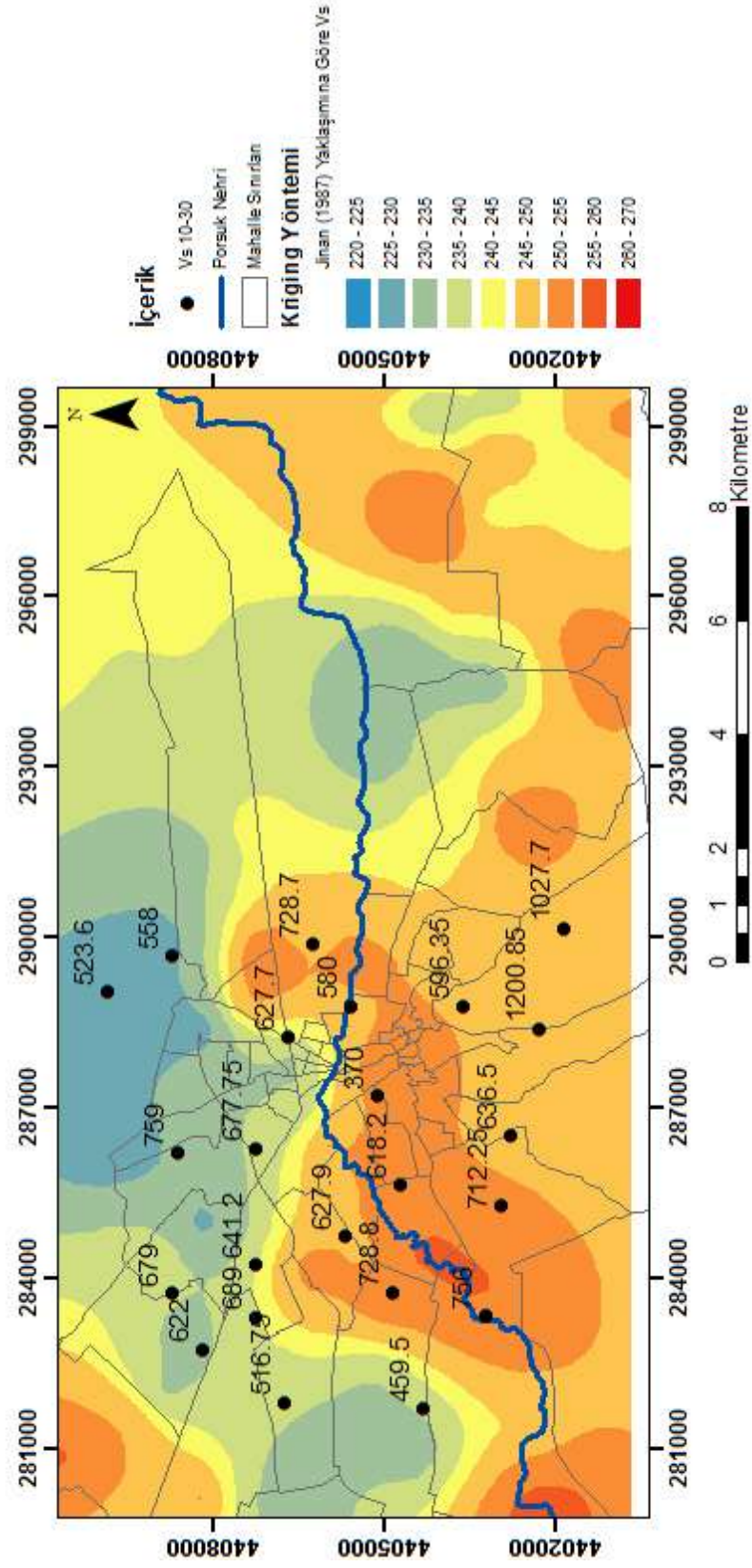
Şekil 6.55. 0-10 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



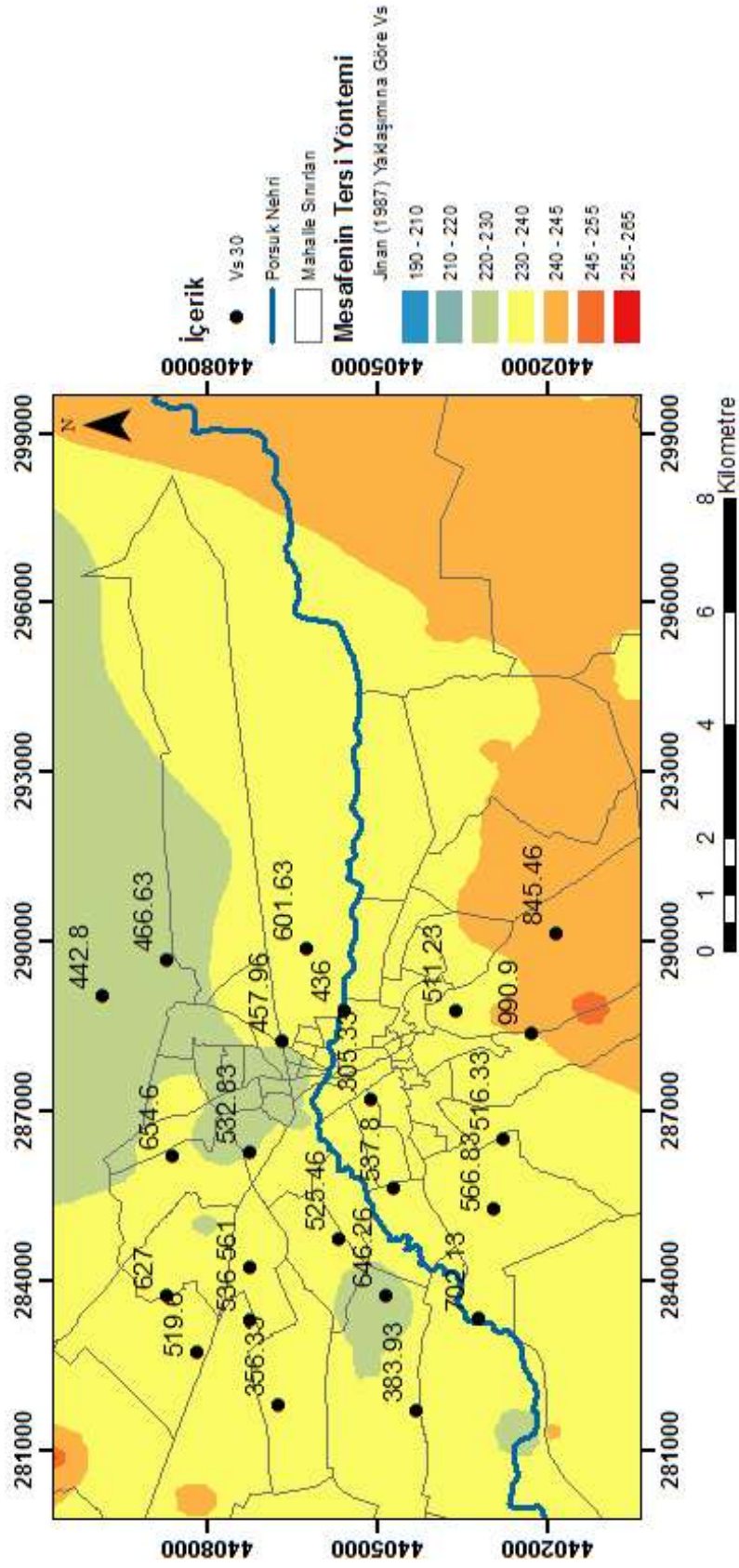
Şekil 6.56. 0-10 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



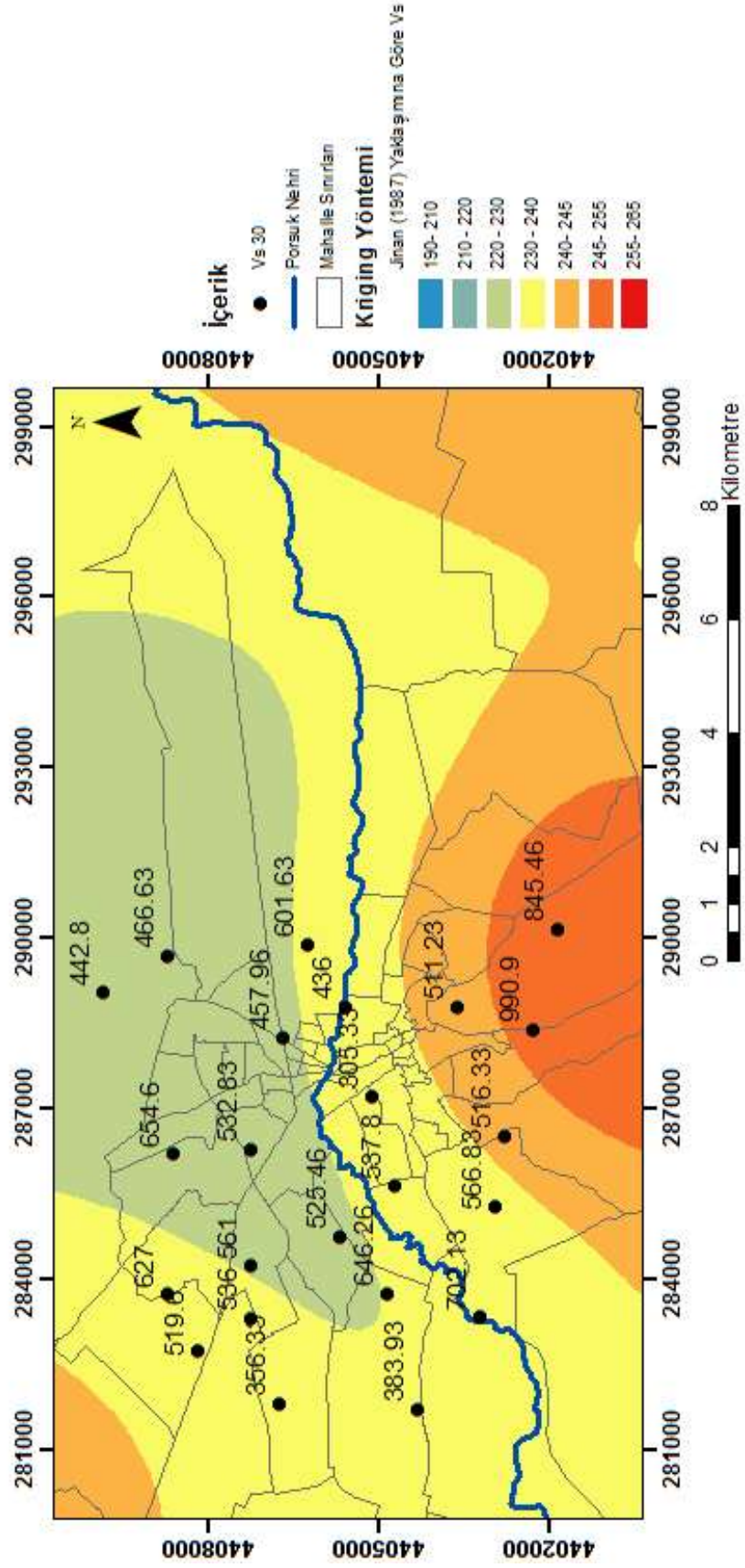
Şekil 6.57. 10-30 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



Şekil 6.58. 10-30 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



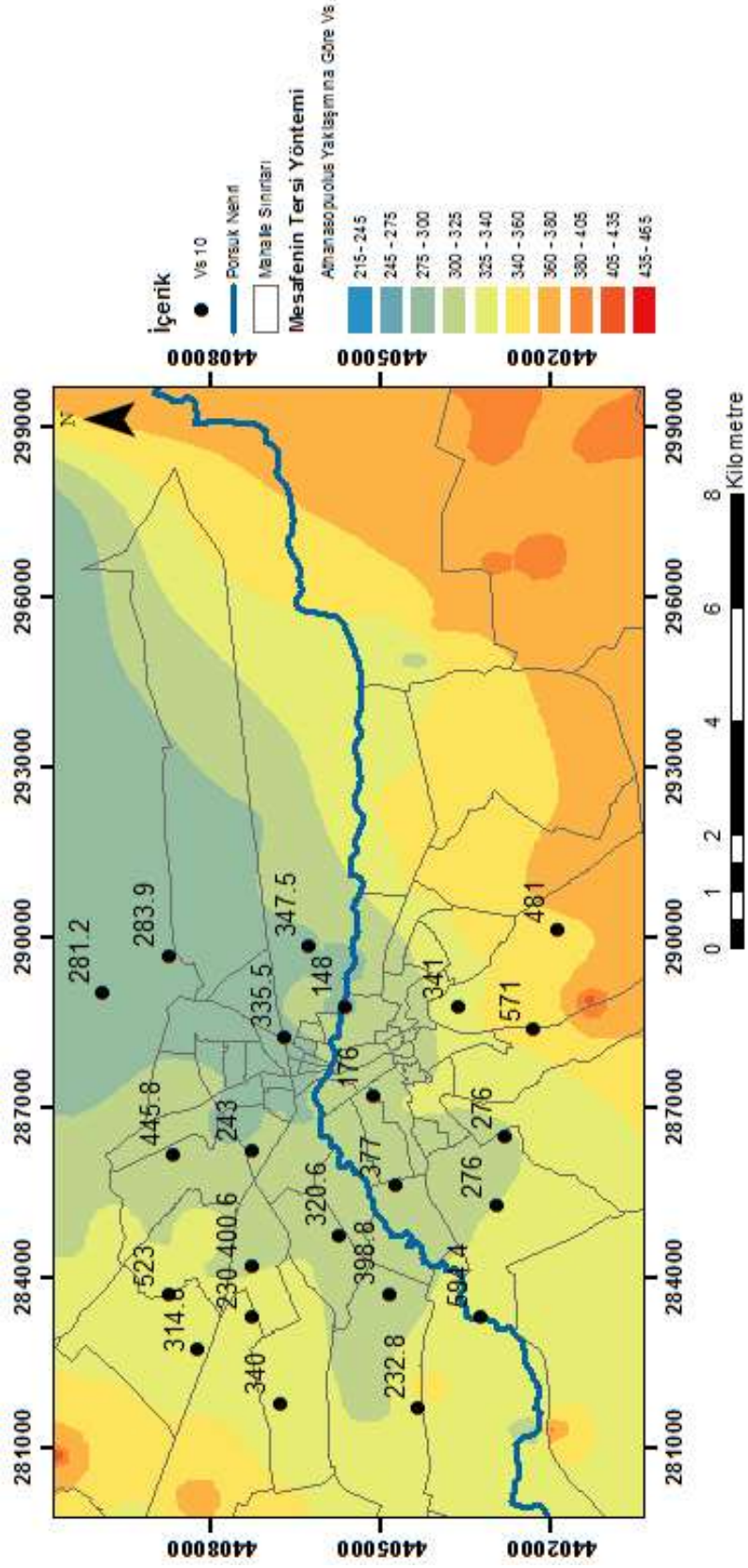
Şekil 6.59. 0-30 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Mesafenin Ters i yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



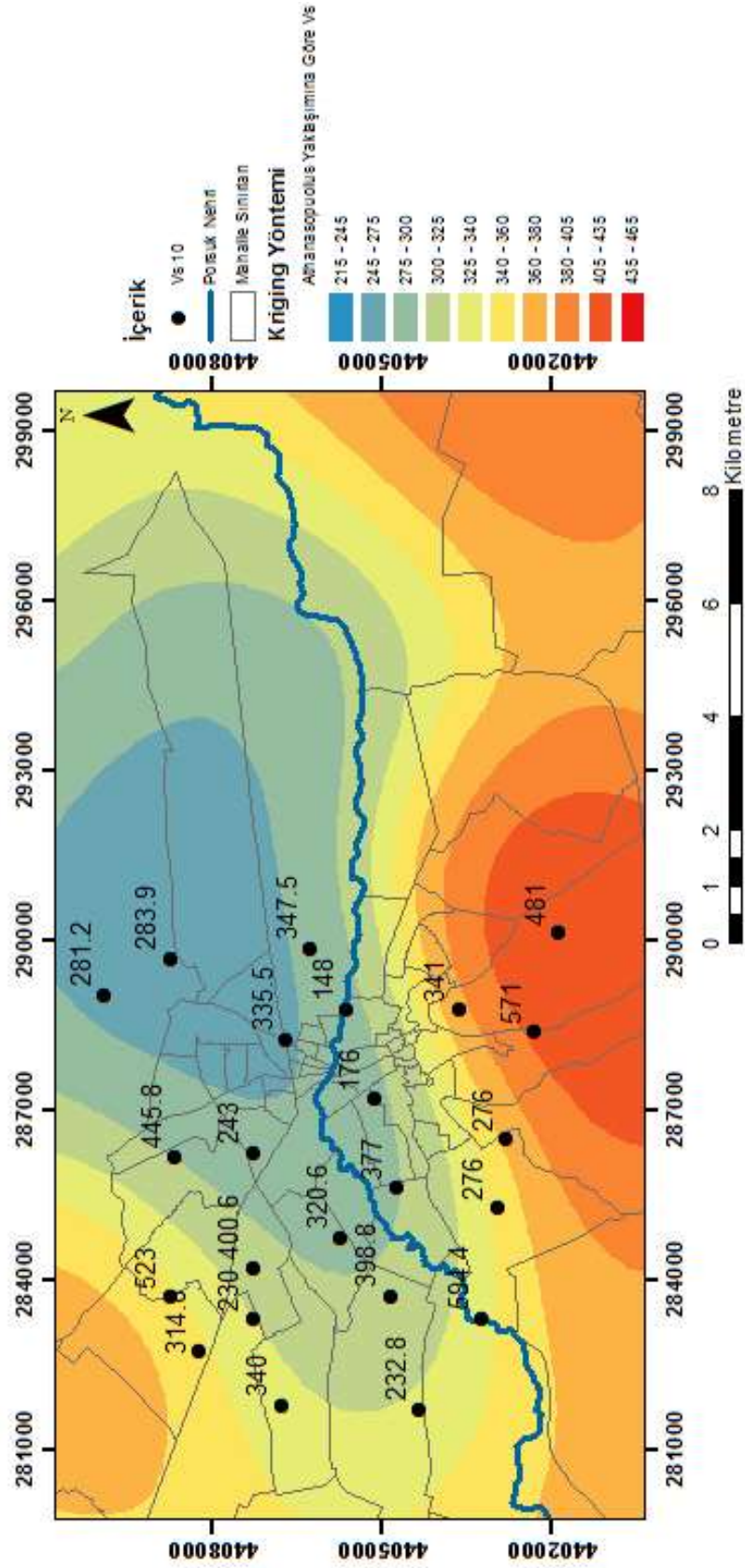
Şekil 6.60. 0-30 m derinlik için Jinan (1987) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası

6.1.11. Athanasopoulos Yöntemi

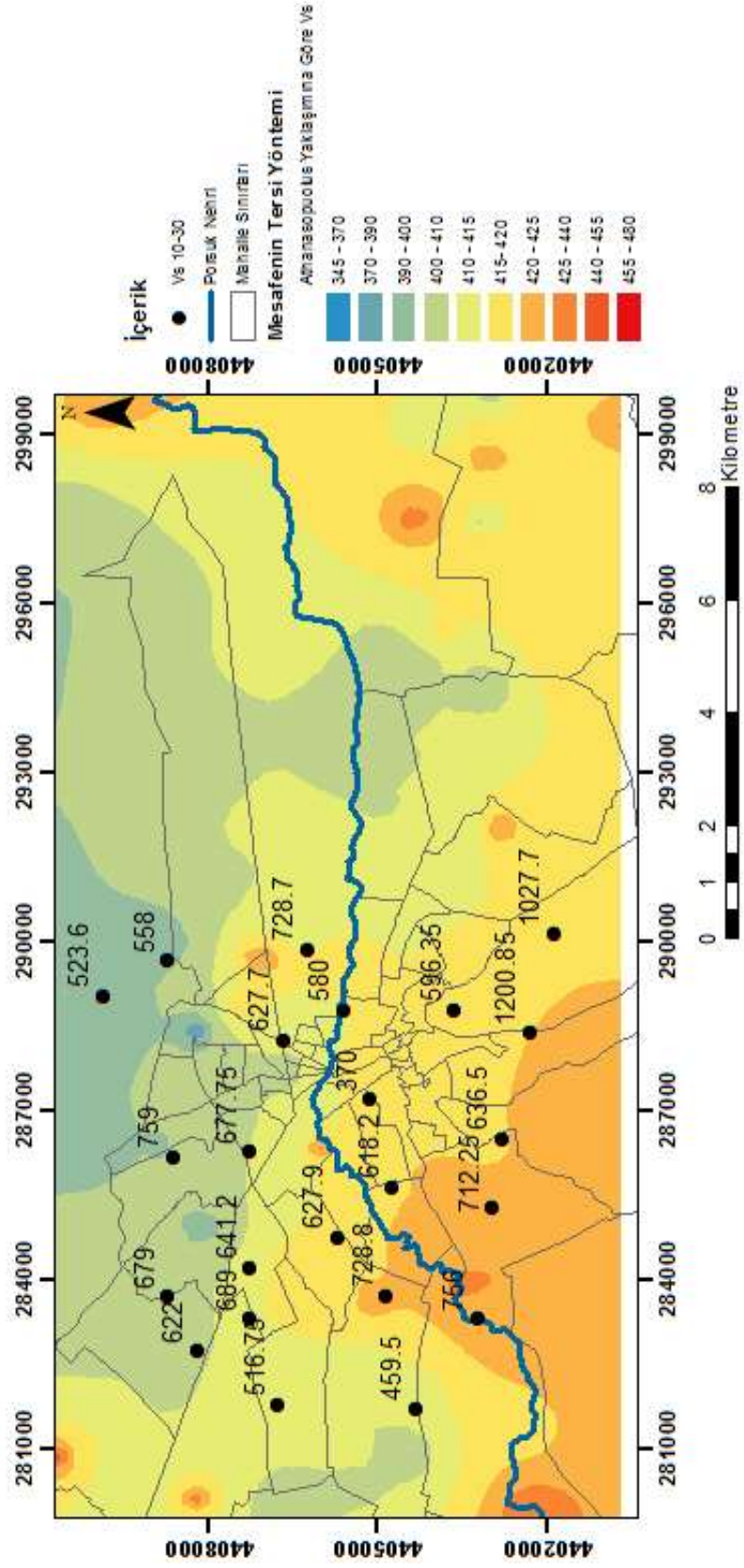
Athanasopoulos'un, 1995 yılında yapmış olduğu "Empirical correlations Vs-N SPT for soils of Greece: a comparative study of reliability" adlı çalışmasında tüm zeminler için $V_s=107.6N^{0.36}$ ampirik yaklaşımını öne sürmüştür. Bu ampirik yaklaşım dikkate alınarak sondajlardan elde edilen SPT-N deney sonuçları derinliğe bağlı ağırlıklı ortalama değerleri alınarak, her bir sondaj için V_s hesapları yapılmıştır. Hesaplanan V_s değerlerinin 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m için ayrı ayrı ortalaması alınarak CBS'inde Jeostatistiksel Analiz yöntemlerinden Mesafenin Tersi ve Kriging metodları kullanılarak ile haritalanmıştır (Şekil 6.61, 6.62, 6.63, 6.64, 6.65, 6.66). Athanasopoulos yöntemi uygulanarak elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde, 0-10 m derinlik için zemini ana kaya olan yerlerde bile max V_s değerinin 482'ye ulaşabildiği gözlemlenmiştir. NEHRP'in zemin sınıfları tablosuna bakıldığında anakaya da v_s değerinin 760 m/sn'den fazla olması gerekmektedir. Bu nedenle Athanasopoulos yöntemine göre oluşturulan V_s haritası Eskişehir zemini için uygun değildir.



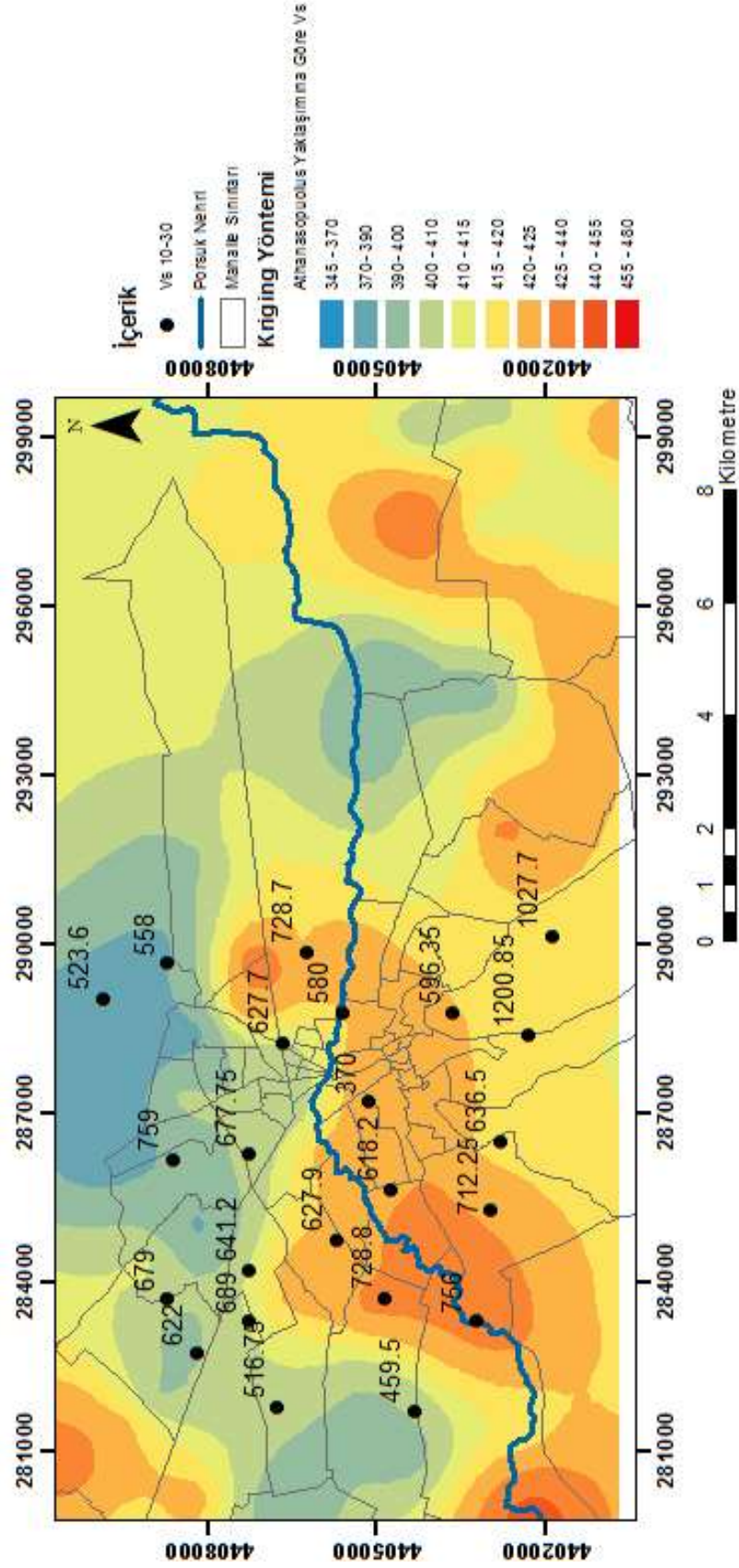
Şekil 6.61. 0-10 m derinlik için Athanasopoulos yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



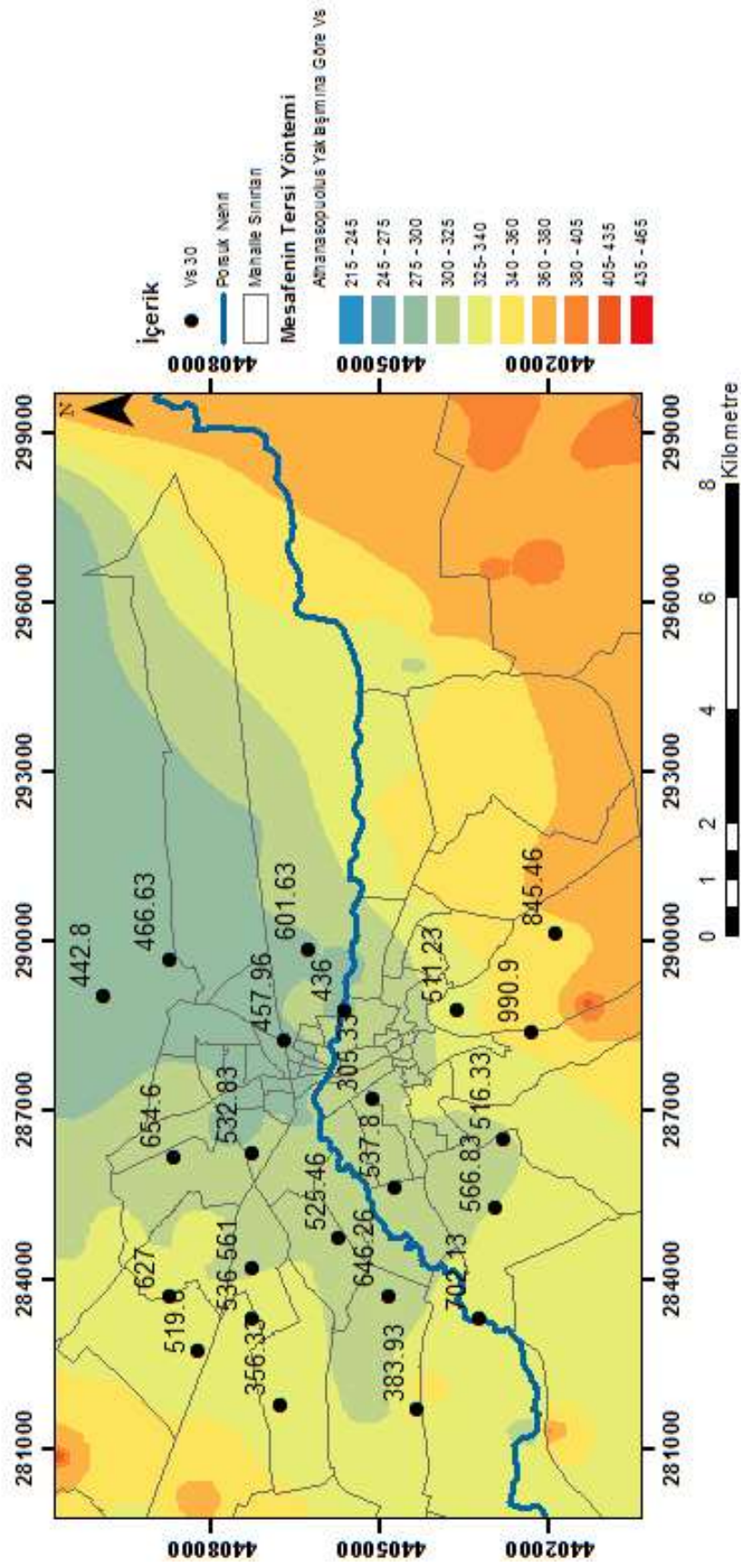
Şekil 6.62. 0-10 m derinlik için Athanasopuolus yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



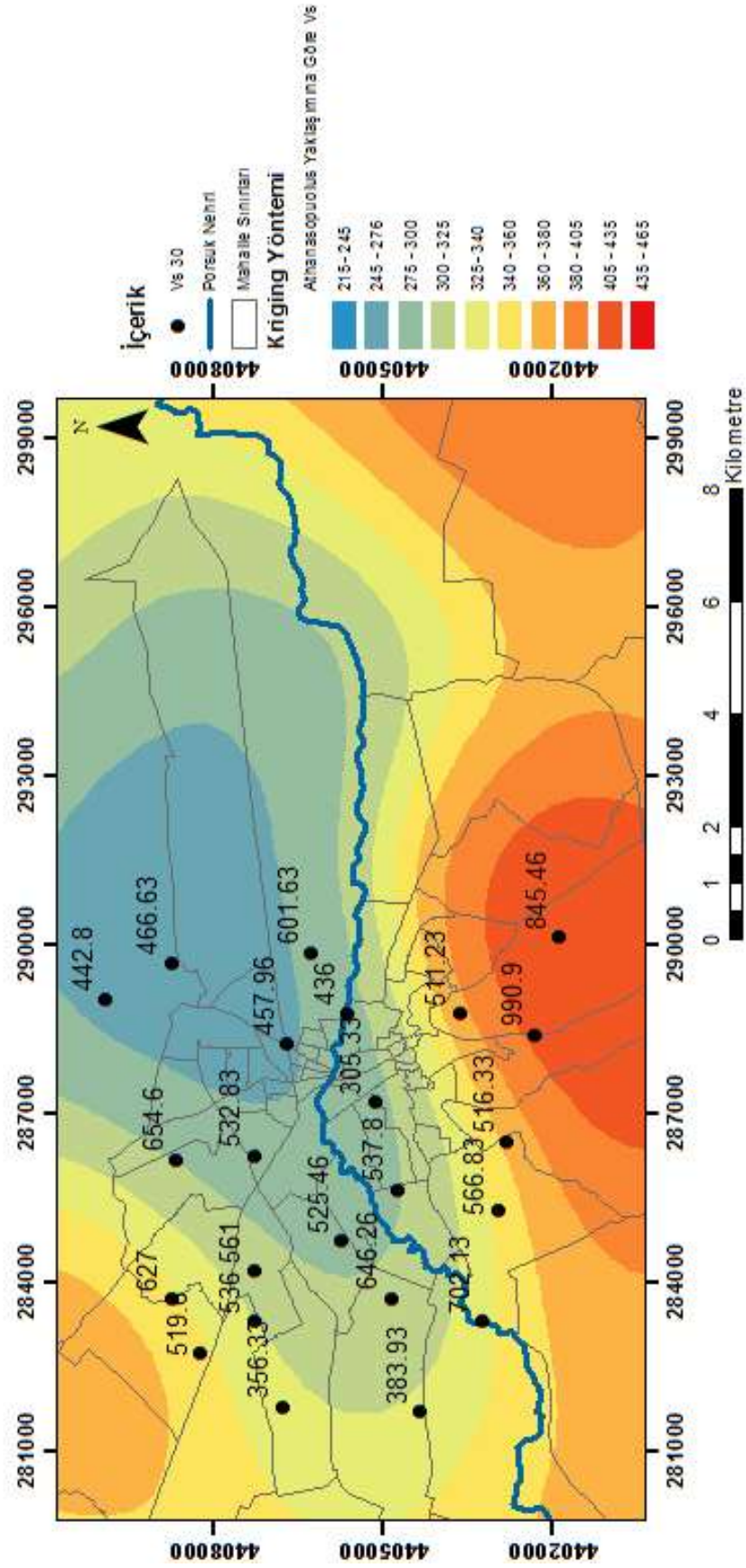
Şekil 6.63. 10-30 m derinlik için Athanasopoulos yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



Şekil 6.64. 10-30 m derinlik için Athanasopuolus yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



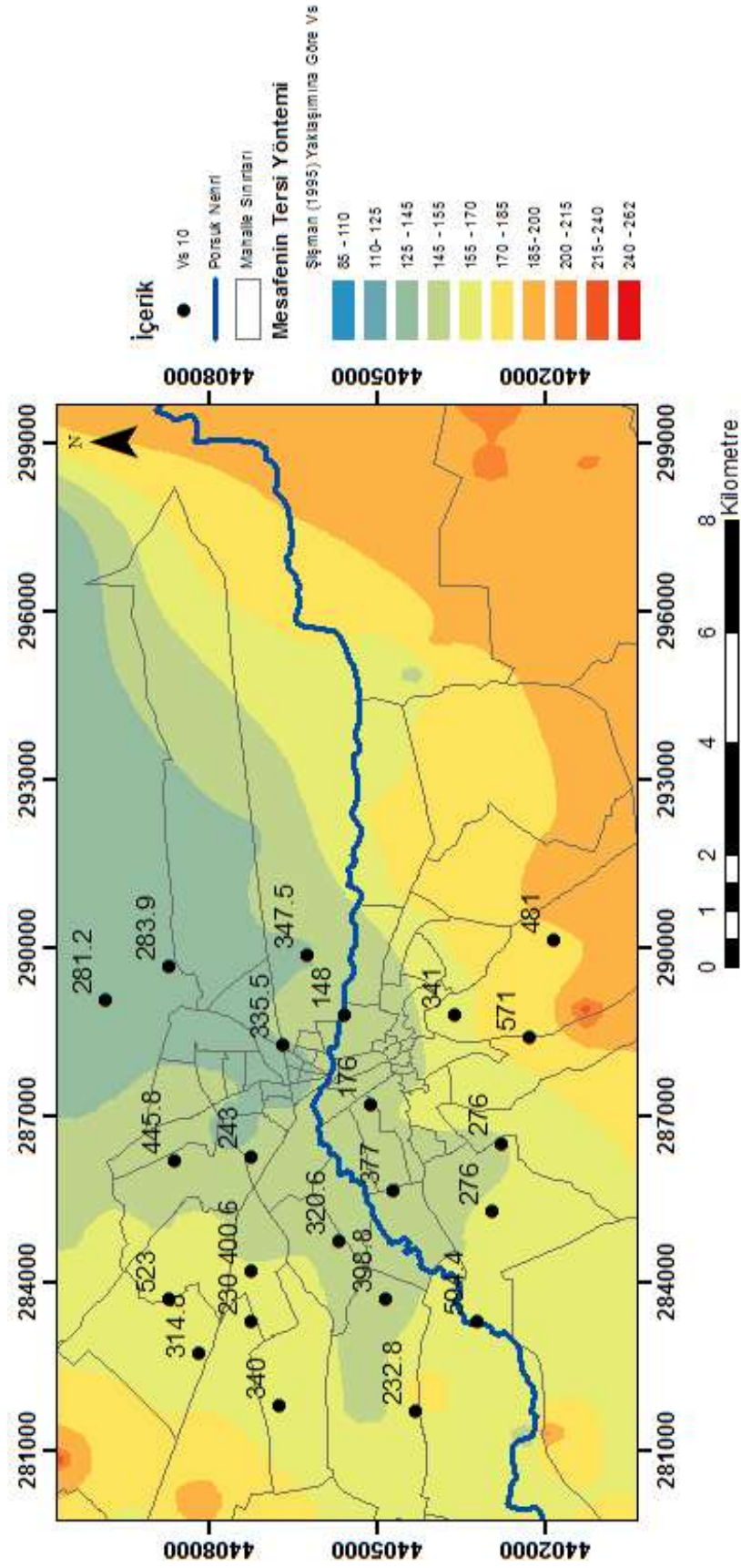
Şekil 6.65. 0-30 m derinlik için Athanasopoulos yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



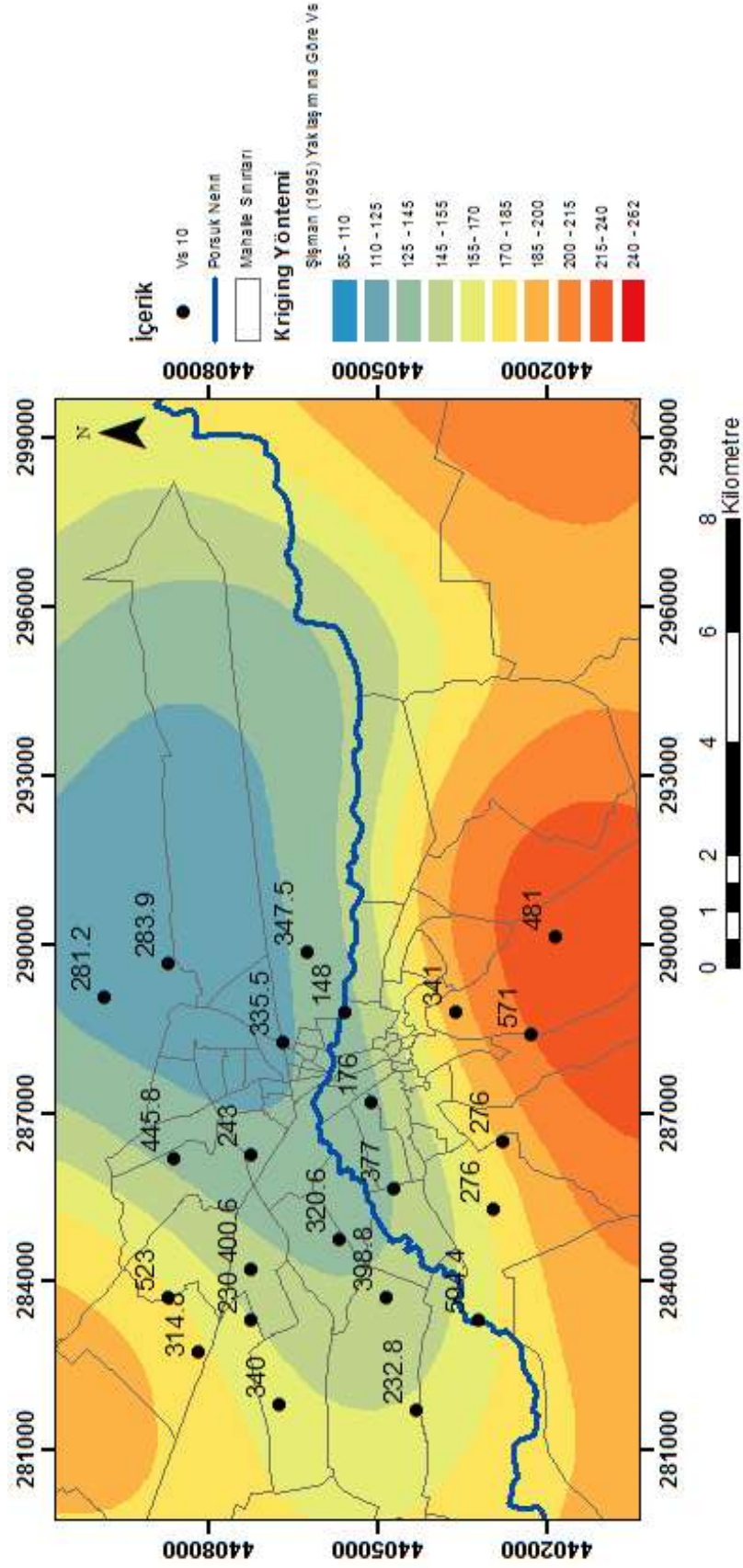
Şekil 6.66. 0-30 m derinlik için Athanasopoulos yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası

6.1.12. Şişman Yöntemi (1995)

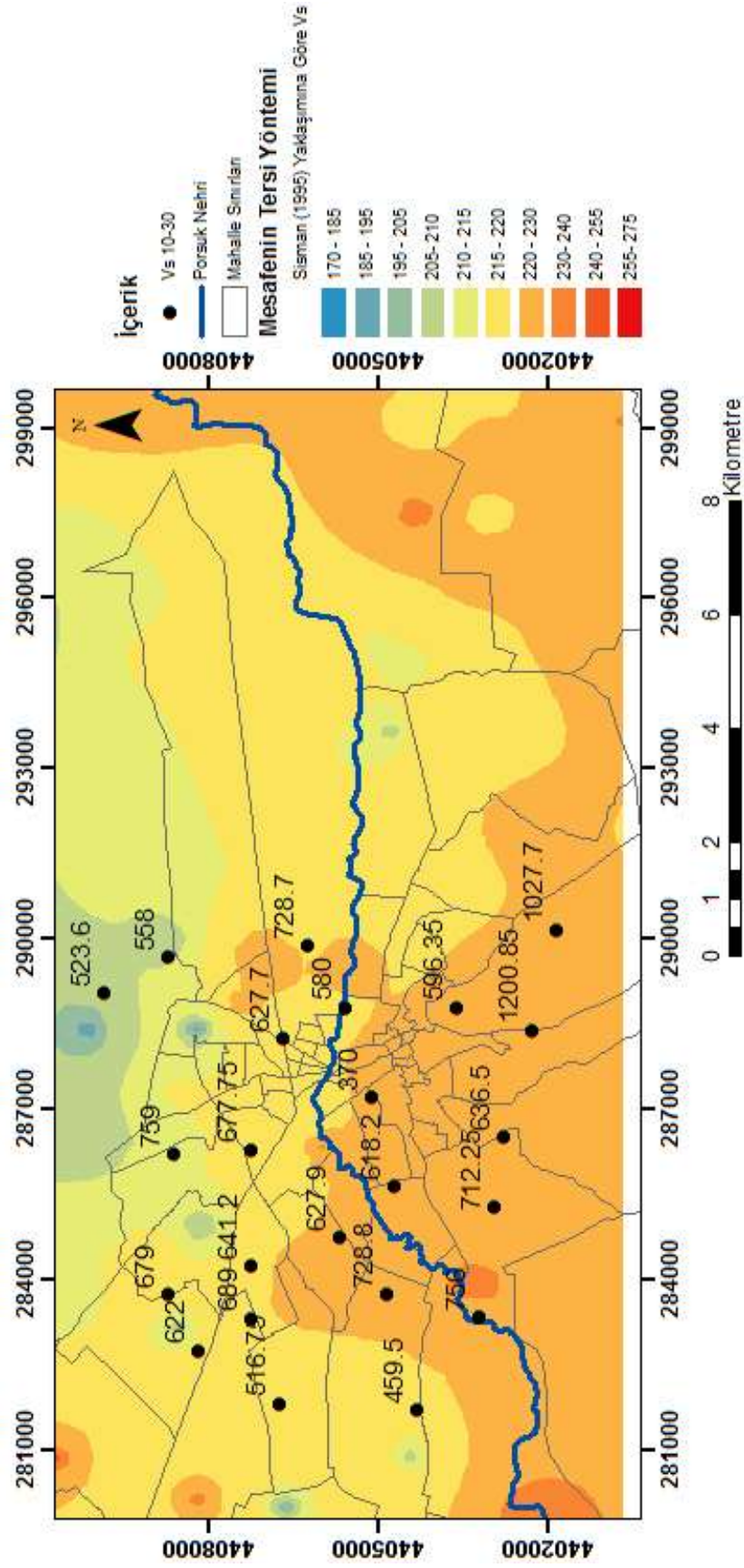
Şişman (1995), yapmış olduğu “Sismik Dalga Hızları ile SPT ve Pressiometre Deney Sonuçları Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi” adlı yüksek lisans tez çalışmasında $V_s=32.8N^{0.51}$ ampirik yaklaşımını öne sürmüştür (Şişman, 1995). Bu yaklaşım göz önüne alınarak, 0-10 m 10-30 m ve 0-30 m derinlikteki zeminler için SPT-N’e bağlı v_s ortalaması hesapları yapılarak, elde edilen değerler konuma dayalı olarak Mesafenin Tersine ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır. (Şekil 6.67, 6.68, 6.69, 6.70, 6.71, 6.72). 0-10 m ve 0-30 m derinlik 262 m/sn ve 10-30 m derinlik için 275 m/sn olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerin çok düşük değerler olduğu, bu nedenle Eskişehir zeminini için bu yaklaşımın gerçeği yansıtmadığı belirlenmiştir. NEHRP’in zemin sınıfları tablosu göz önüne alınarak elde edilen haritalar incelendiğinde, ana kayada v_s değerinin 760 m/sn’den fazla olması gerekmektedir.



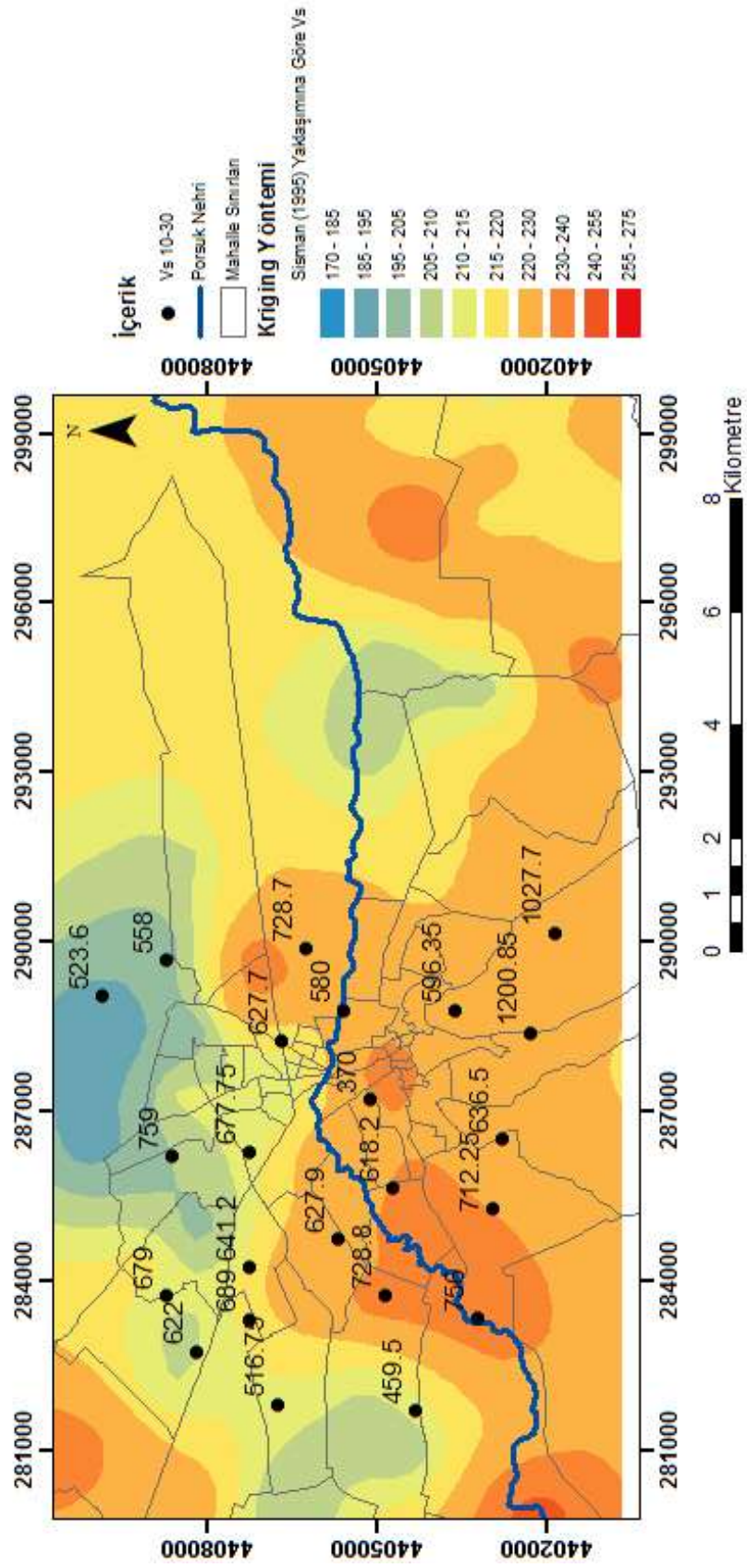
Şekil 6.67. 0-10 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



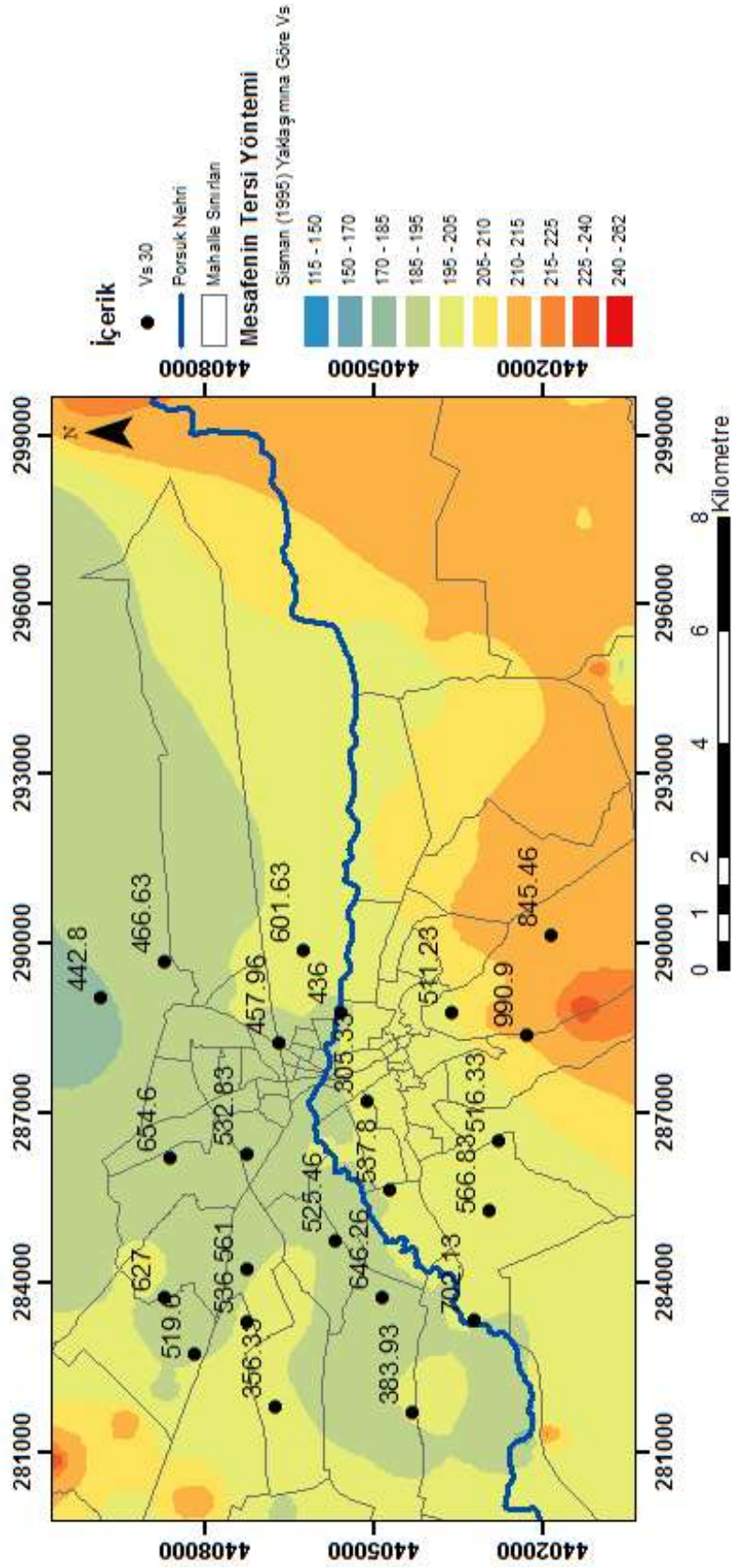
Şekil 6.68. 0-10 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



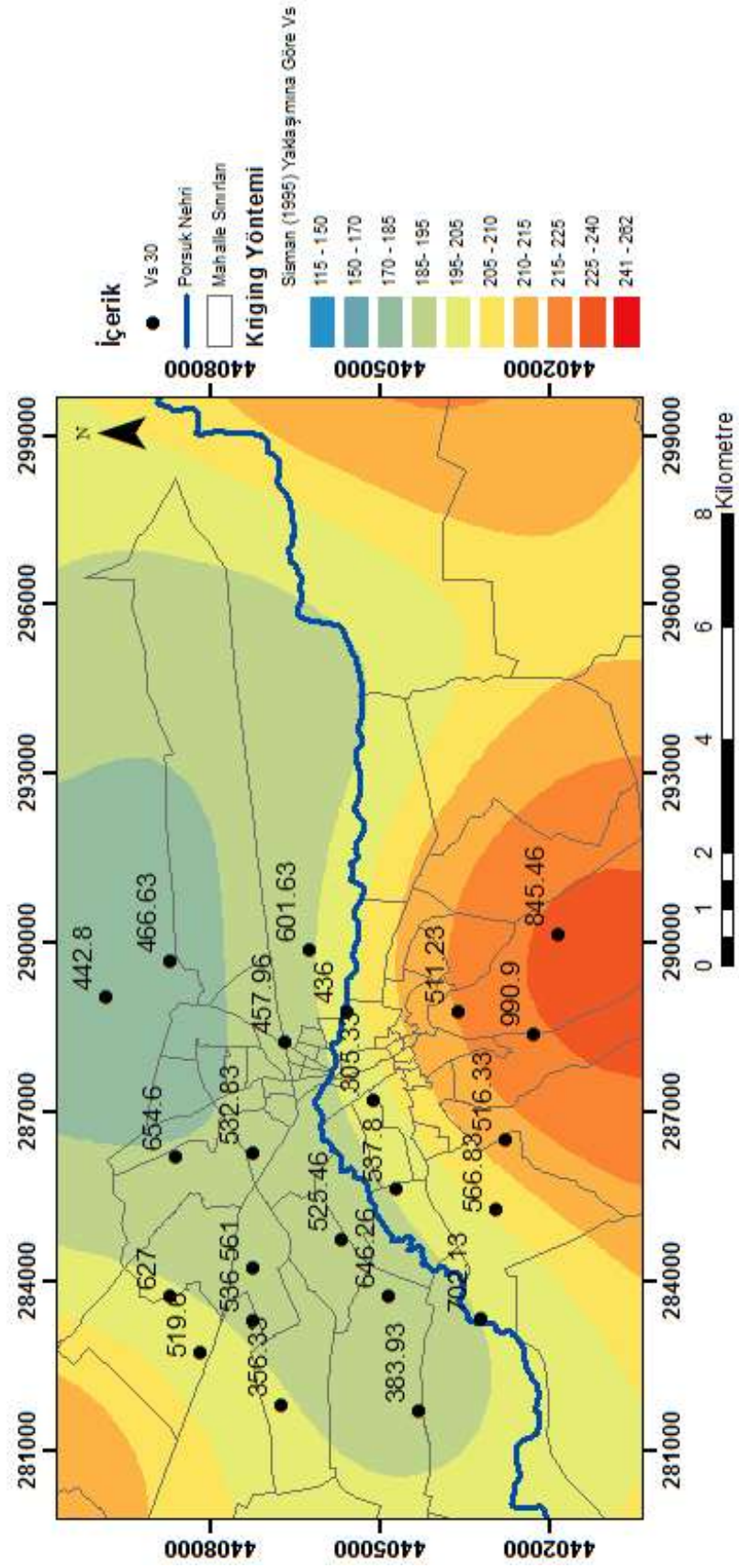
Şekil 6.69. 10-30 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



Şekil 6.70. 10-30 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



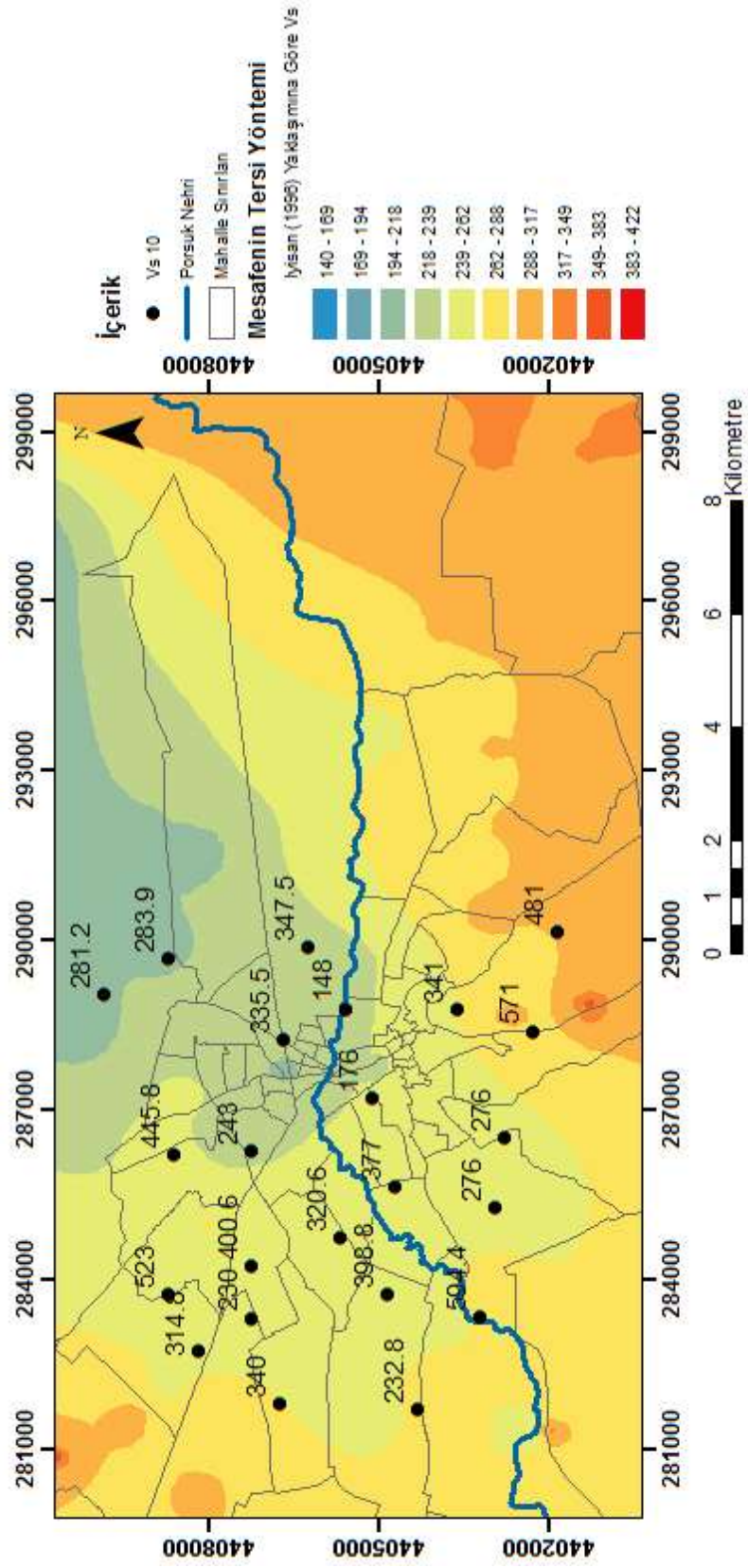
Şekil 6.71. 0-30 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



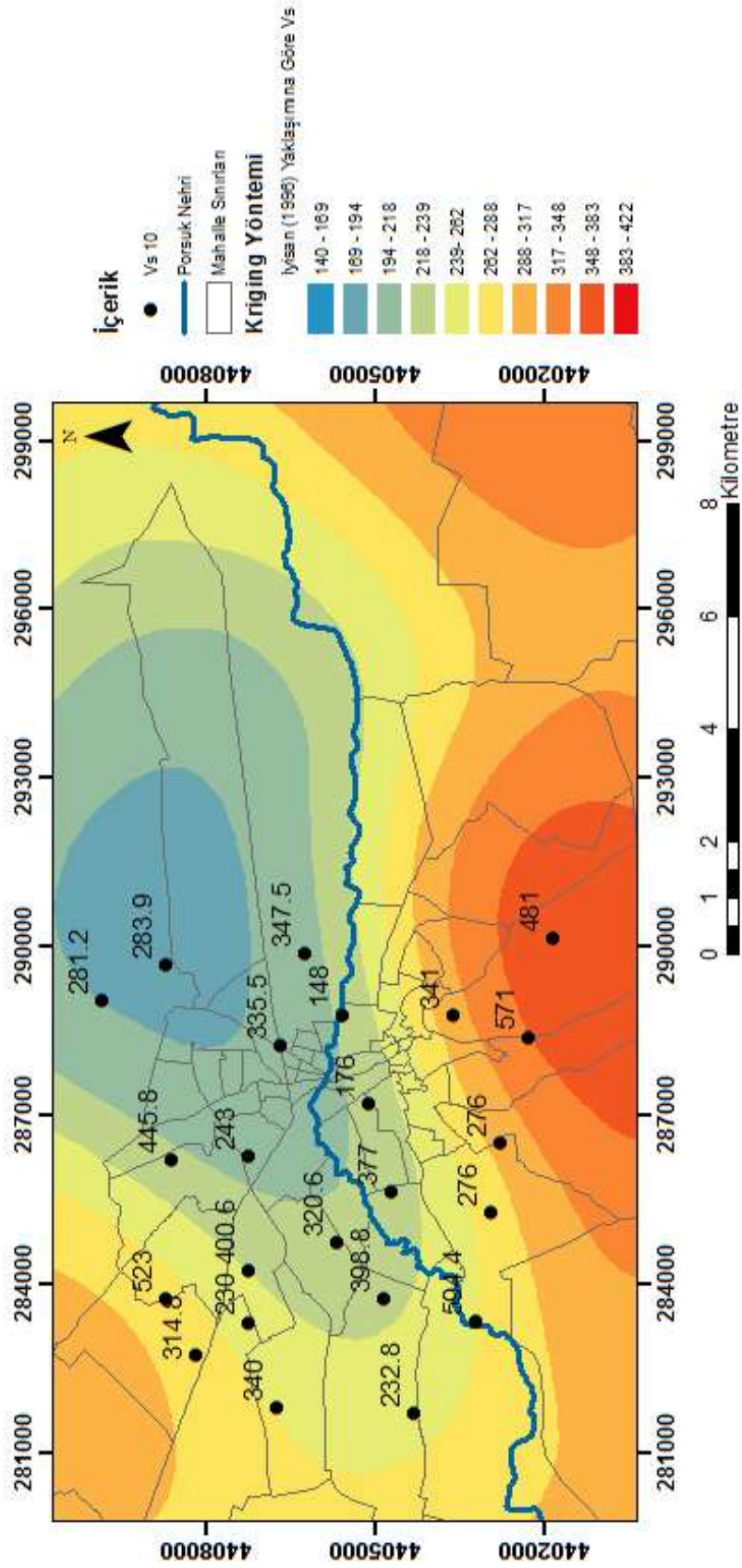
Şekil 6.72. 0-30 m derinlik için Sisman (1995) yaklaşımı Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası

6.1.13. İyisan Yöntemi (1996)

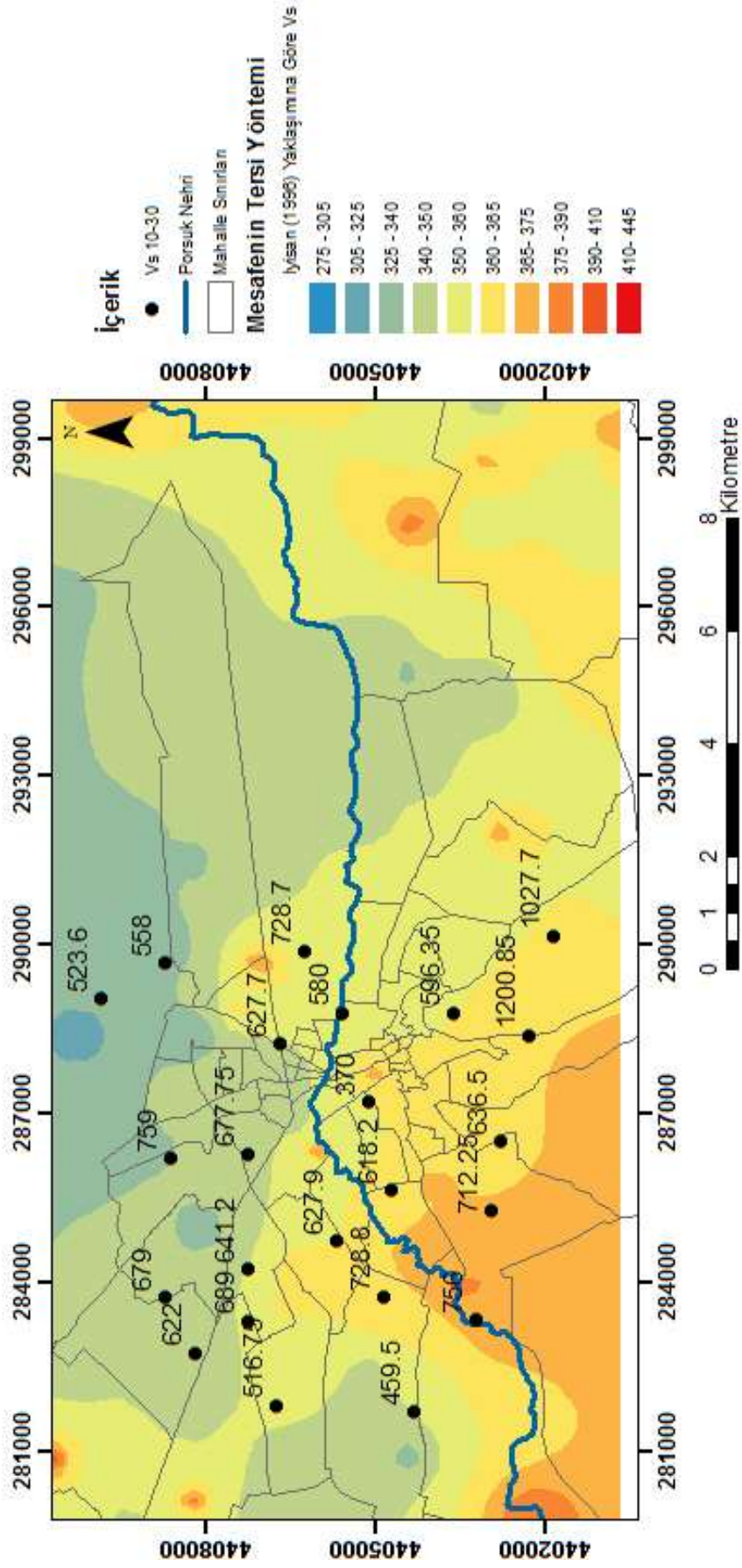
İyisan, 1996 yılında yapmış olduğu “Correlations between shear wave velocity and in-situ penetrations test results Chamber of Civil Engineers of Turkey” adlı çalışmasında, SPT-N ile Vs arasındaki ilişkiyi $V_s = 51.5N^{0.516}$ ampirik yaklaşımı ile öne sürmüştür (İyisan, 1996). Bu yaklaşım göz önüne alınarak, Eskişehir zemini için vs değerleri 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m derinlikteki zeminler için Vs ağırlıklı ortalamaları alınarak, Mesafenin tersi ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır (Şekil 6.73, 6.74, 6.75, 6.76, 6.77, 6.78). Bu haritalar detaylı incelendiğinde alüvyon zemin içerisinde bazı noktalarda iyi ilişki gösterdiği elde edilmiştir. Ancak alüvyon zemin içerisinde 0-10 m derinlik için elde edilen Vs haritasında 200 m/sn fark olan yerlerde bulunmaktadır. İyisan yöntemi uygulanarak elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde, 0-10 m derinlik için zemini ana kaya olan yerlerde bile max Vs değerinin 422 m/sn değerine ulaştığı gözlenmektedir. NEHRP’in zemin sınıfları tablosu göz önüne alındığında, anakaya da vs değerinin 760 m/sn’den fazla olması gerekmektedir. Bu nedenle İyisan yöntemine göre oluşturulan Vs haritası Eskişehir zemini için gerçeği yansıtmamaktadır.



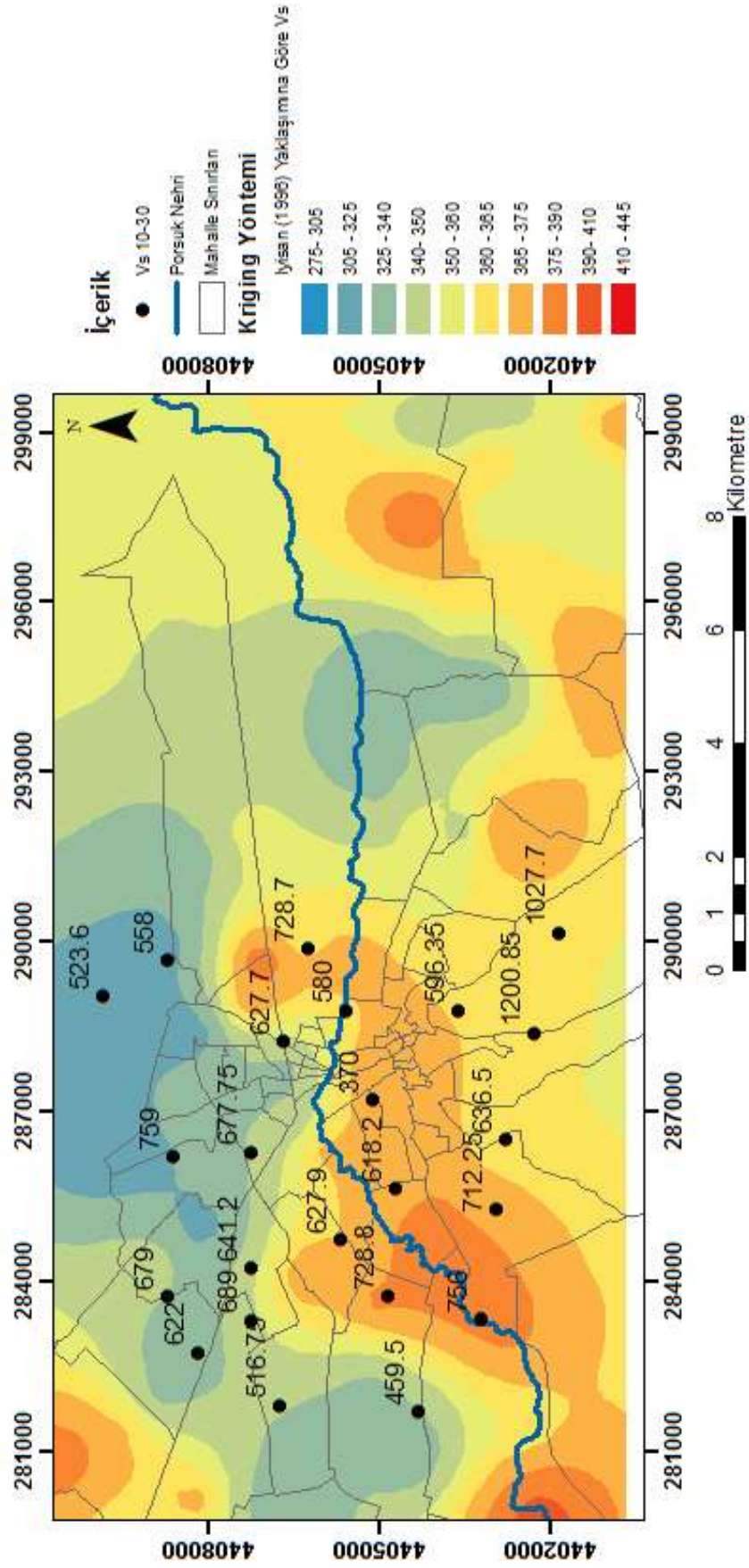
Şekil 6.73. 0-10 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



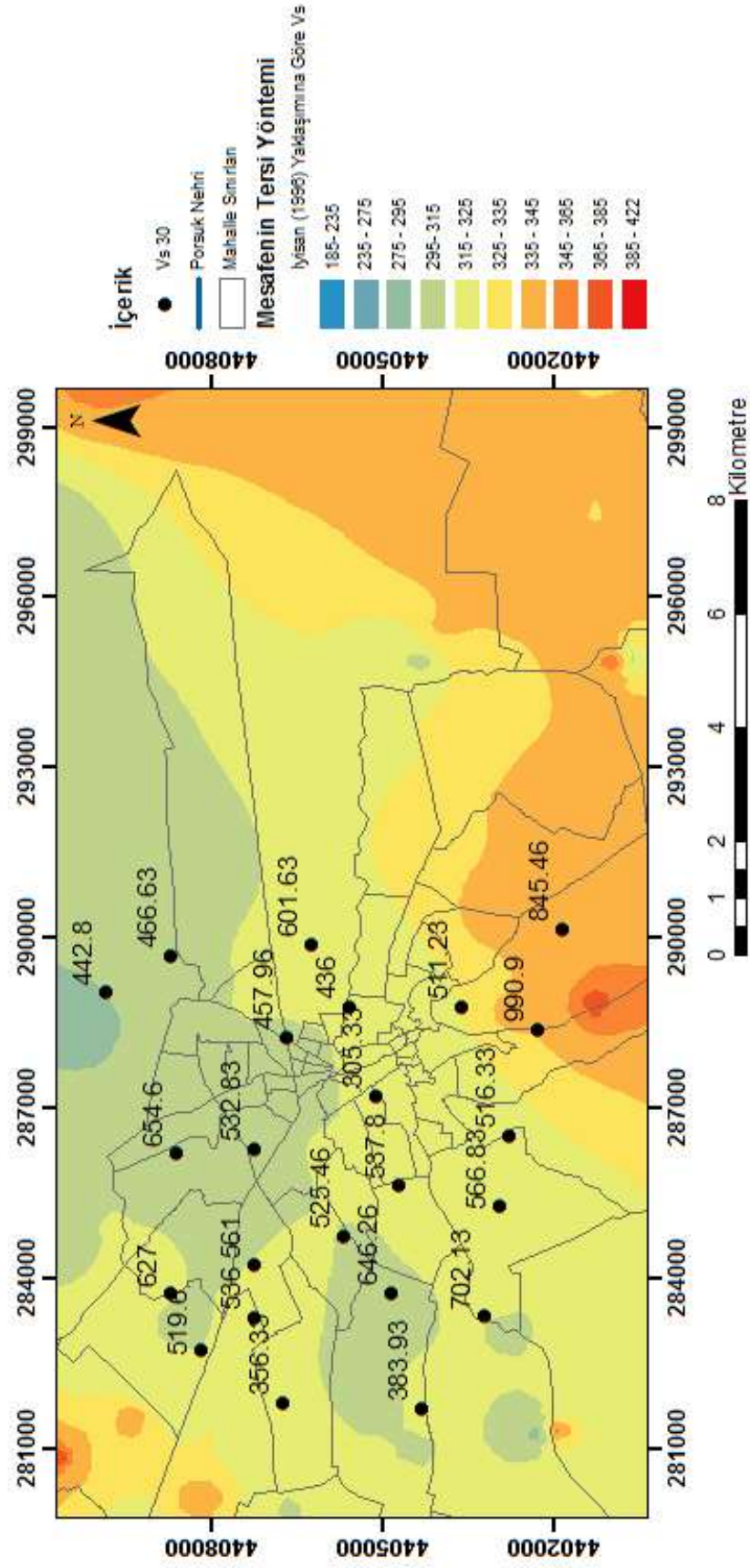
Şekil 6.74. 0-10 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



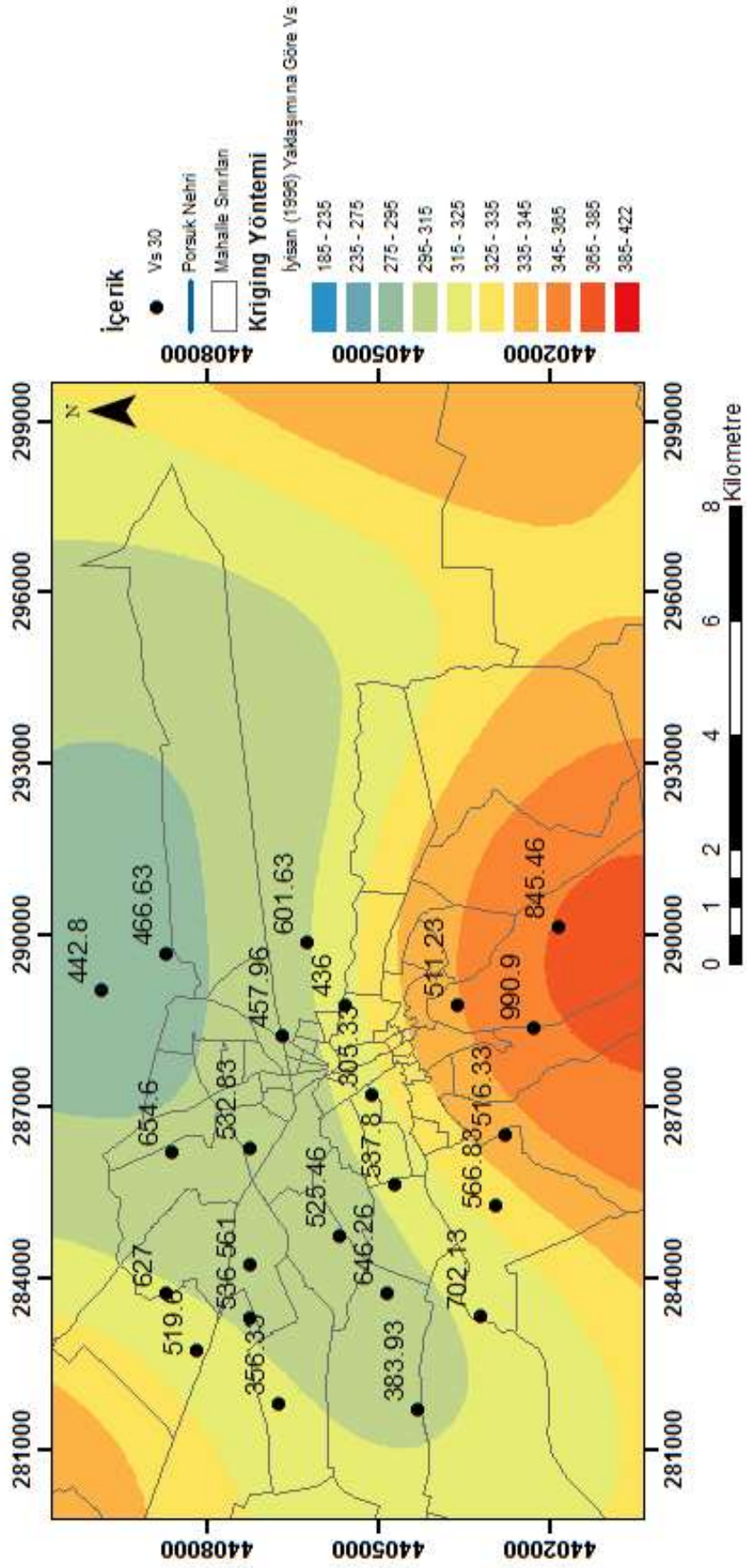
Şekil 6.75. 10-30 m derinlik için Iyisan (1996) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



Şekil 6.76. 10-30 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



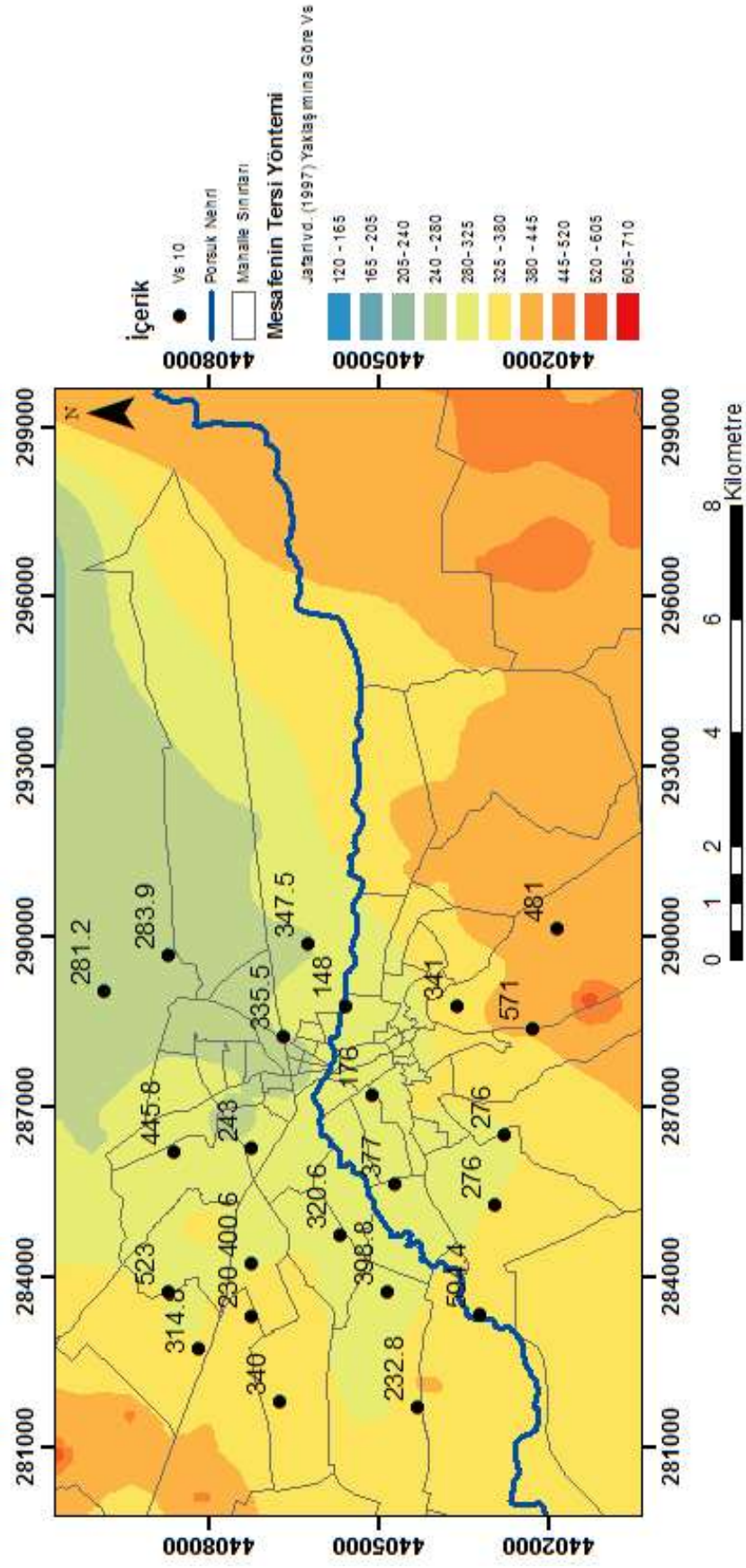
Şekil 6.77. 0-30 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



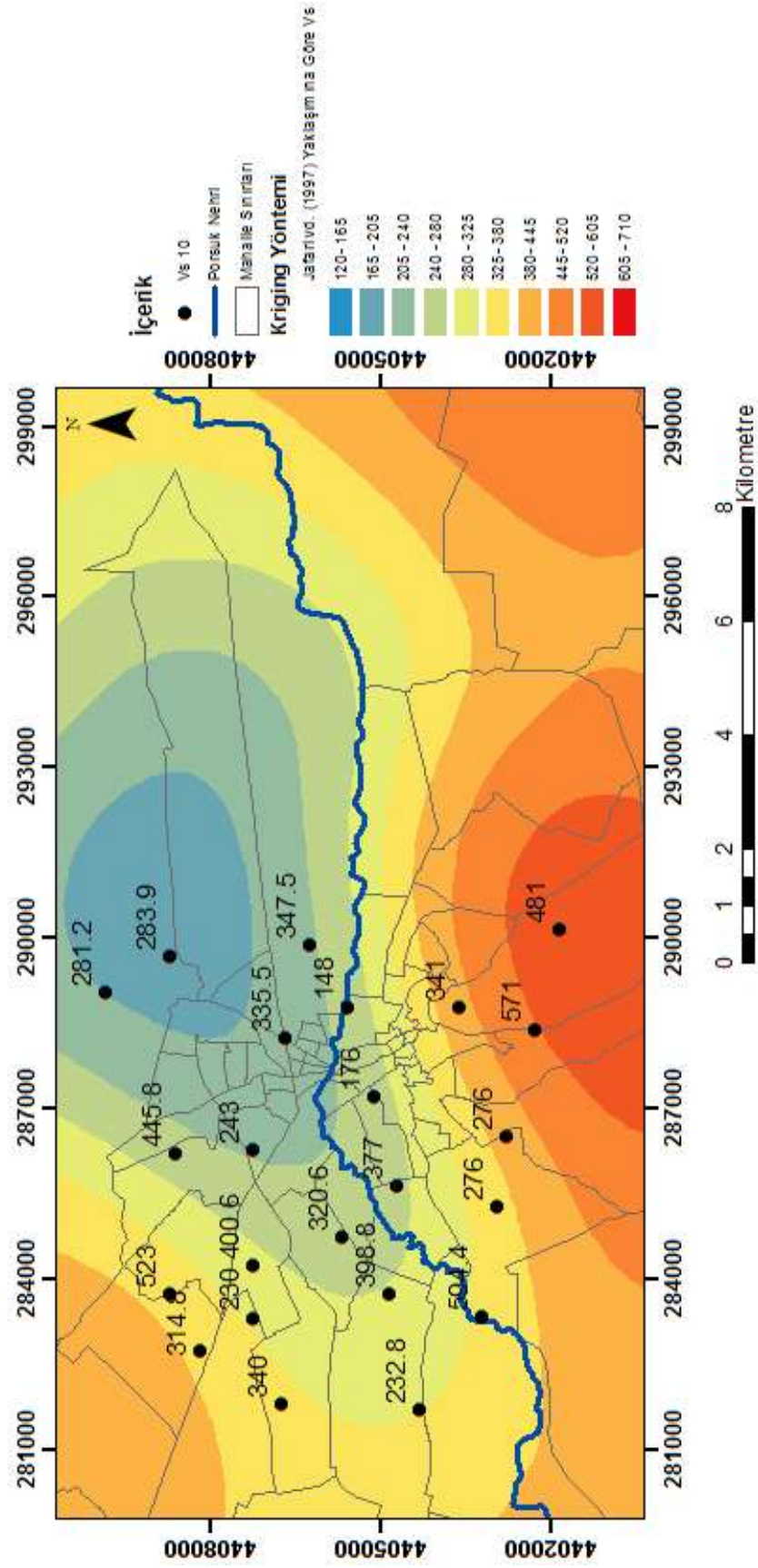
Şekil 6.78. 0-30 m derinlik için İyisan (1996) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası

6.1.14. Jafari vd. Yöntemi (1997)

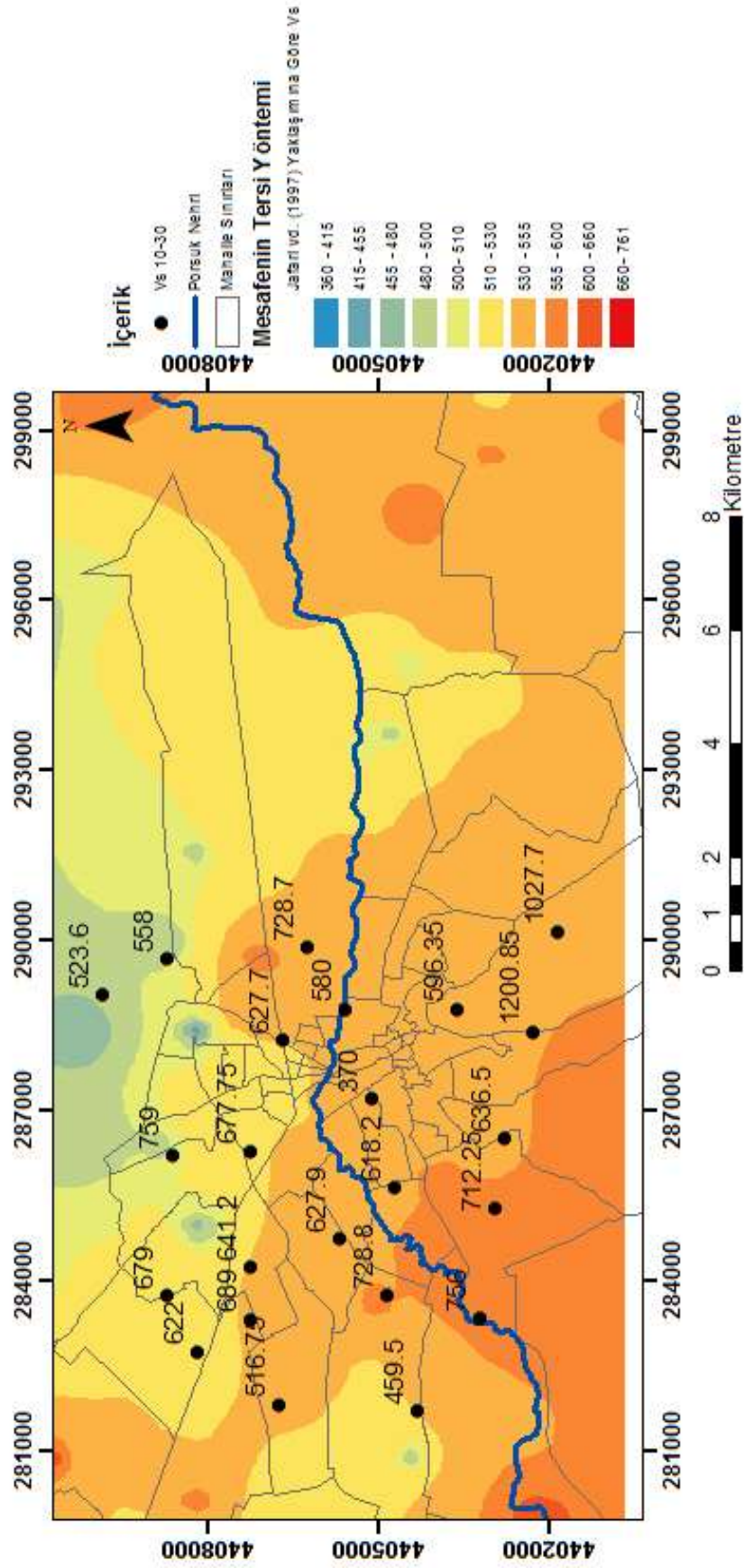
Jafari, 1997 yılında yapmış olduğu “Empirical correlation between shear wave velocity (V_s) and SPT-N value for south of Tehran soils” adlı bildirisinde SPT-N ile V_s arasındaki ilişkiyi belirlemiştir. Jafari yaptığı bu çalışmasında SPT-N ile V_s arasındaki ilişkiyi $V_s=22N^{0,85}$ olarak öne sürmüştür (Jafari ve ark. 1997). Bu yaklaşım göz önüne alınarak, CBS teknikleri ile Eskişehir zemini için V_s değerleri 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m derinlikteki zeminler için V_s değerleri Mesafenin tersi ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır (Şekil, 6.79, 6.80, 6.81, 6.82, 6.83, 6.84). Bu haritalar detaylı incelendiğinde, Jafari yaklaşımının alüvyon zemin içerisinde iyi ilişki gösterdiği görülmektedir. Bazı noktalarda 50- 100 m/sn hassasiyetle V_s değerlerinin elde edildiği belirlenmiştir. Jafari yöntemi uygulanarak elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde, 10-30 m derinlik için zemini ana kaya olan yerlerde max V_s değerinin 761 m/sn değerine ulaştığı gözlenmektedir. NEHRP’in zemin sınıfları tablosu göz önüne alındığında, anakaya da v_s değerinin 760 m/sn’den fazla olması gerekmektedir. Jafari vd. (1997) yaklaşımı kullanılarak elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde, anakaya olan zeminlerde 761 m/sn v_s değerine ulaşılmış olması, alüvyon zeminlerde ise yaklaşık 50 m/sn hassasiyetle v_s değerlerinin elde edilmiş olması, Jafari yönteminin Eskişehir zeminine uygun olduğunu göstermektedir.



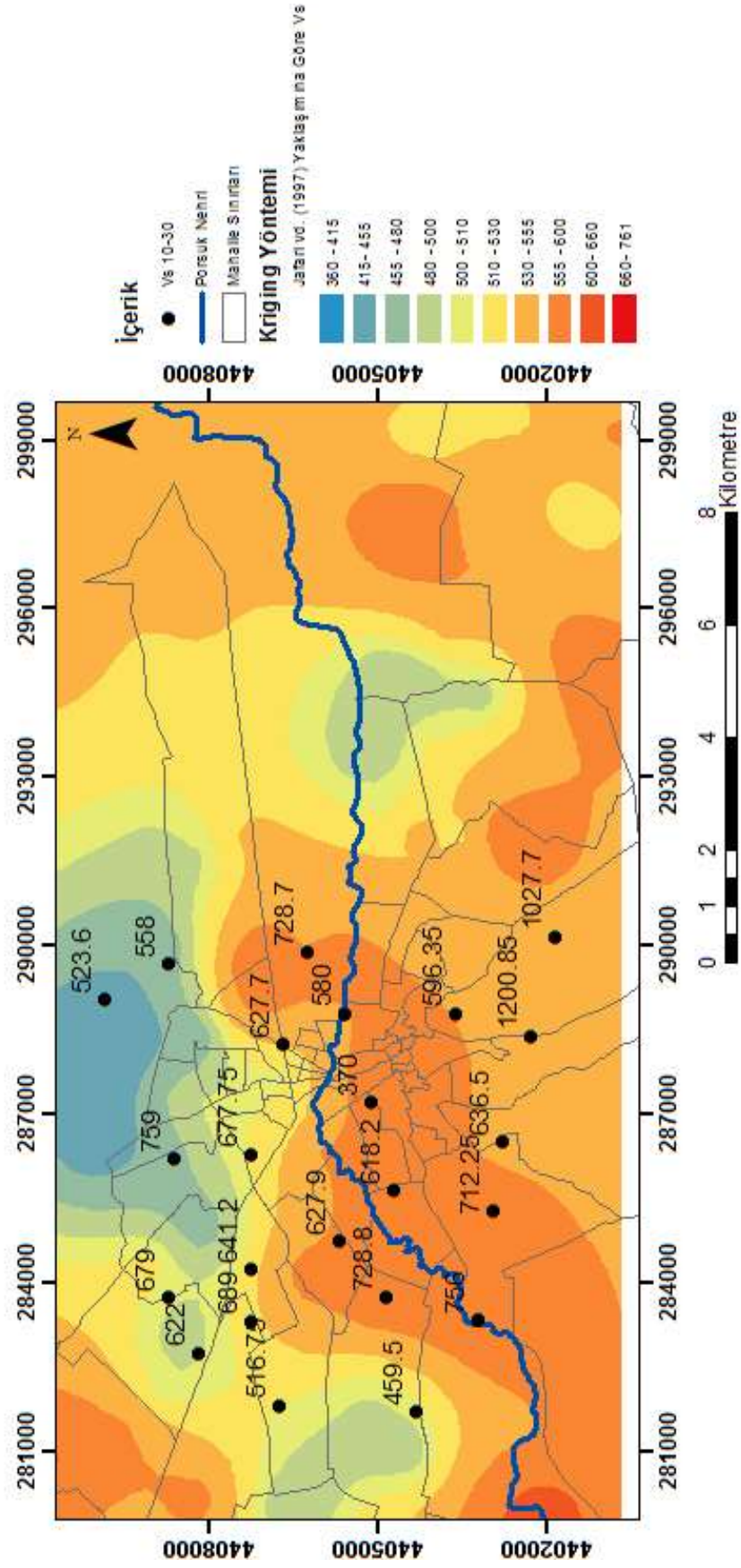
Şekil 6.79. 0-10 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Mesafenin Tersisi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



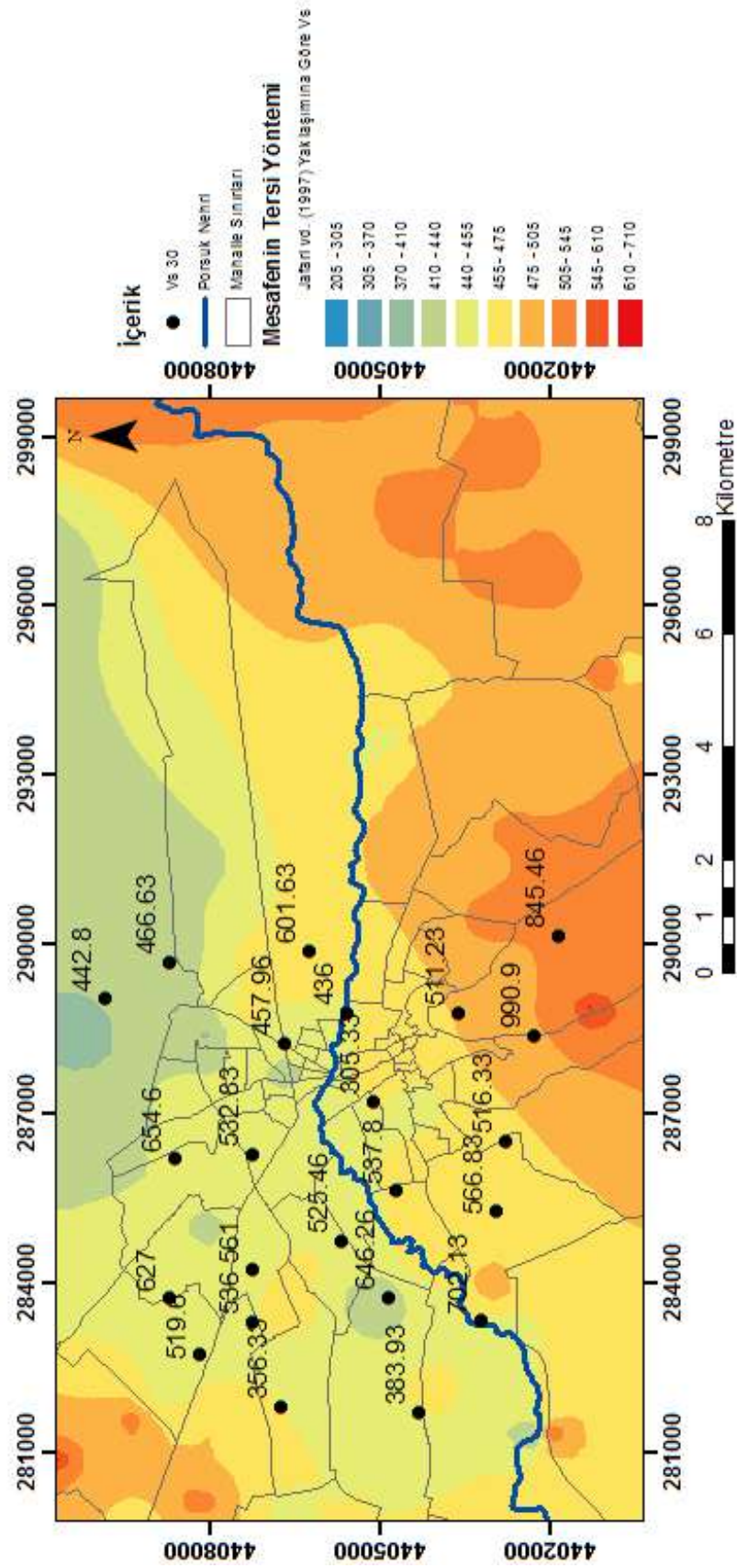
Şekil 6.80. 0-10 m derinlik için Jafarlı vd. (1997) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



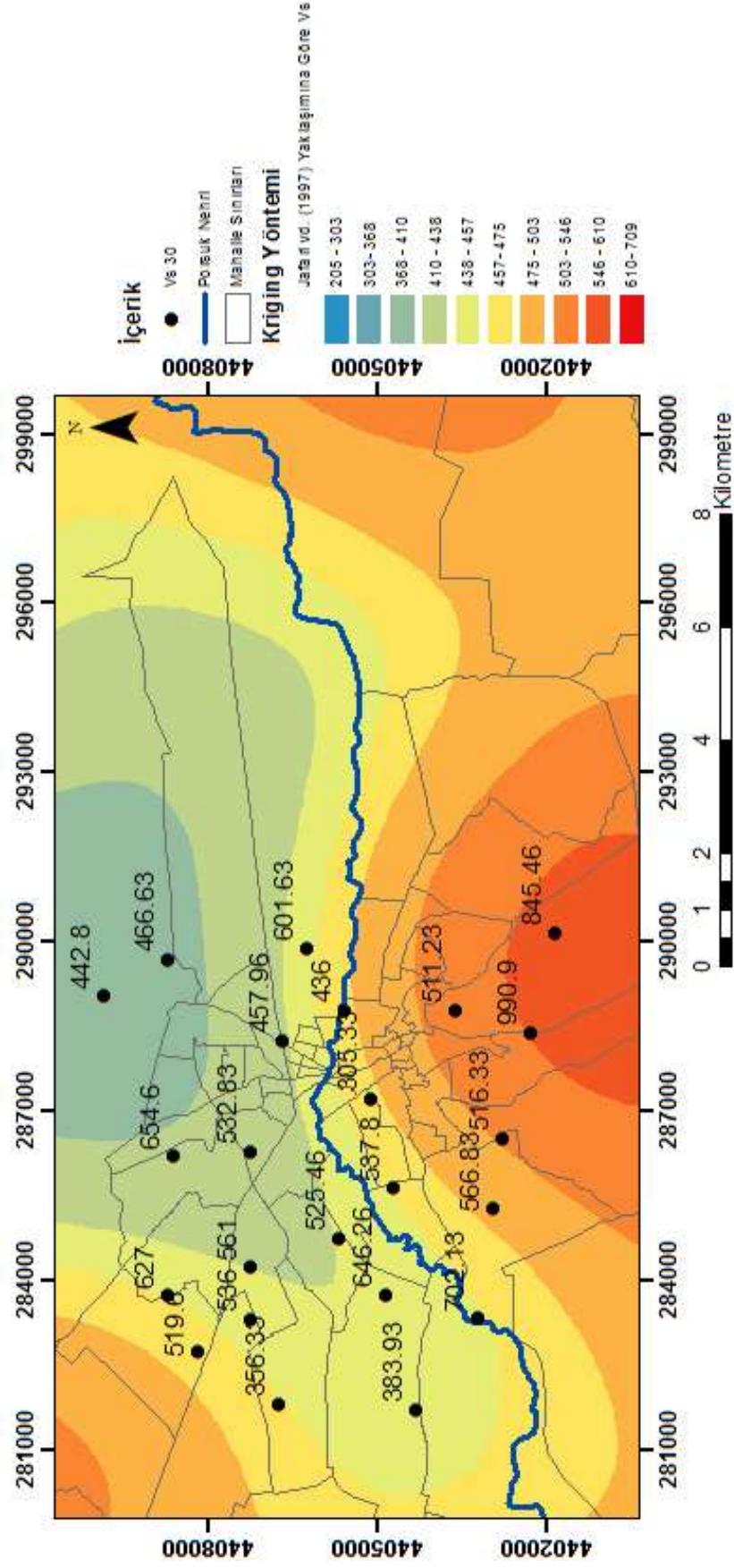
Şekil 6.81. 10-30 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



Şekil 6.82. 10-30 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



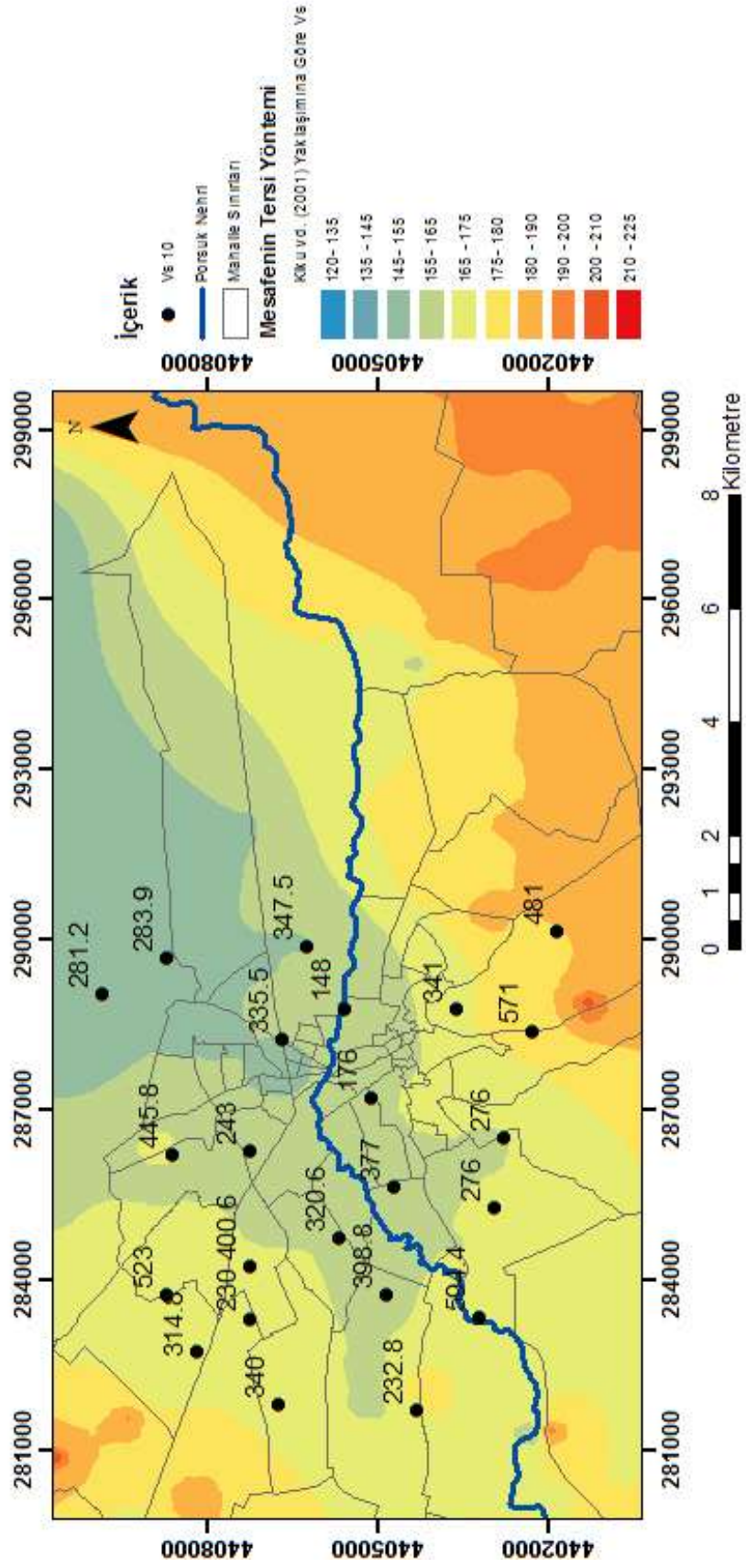
Şekil 6.83. 0-30 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



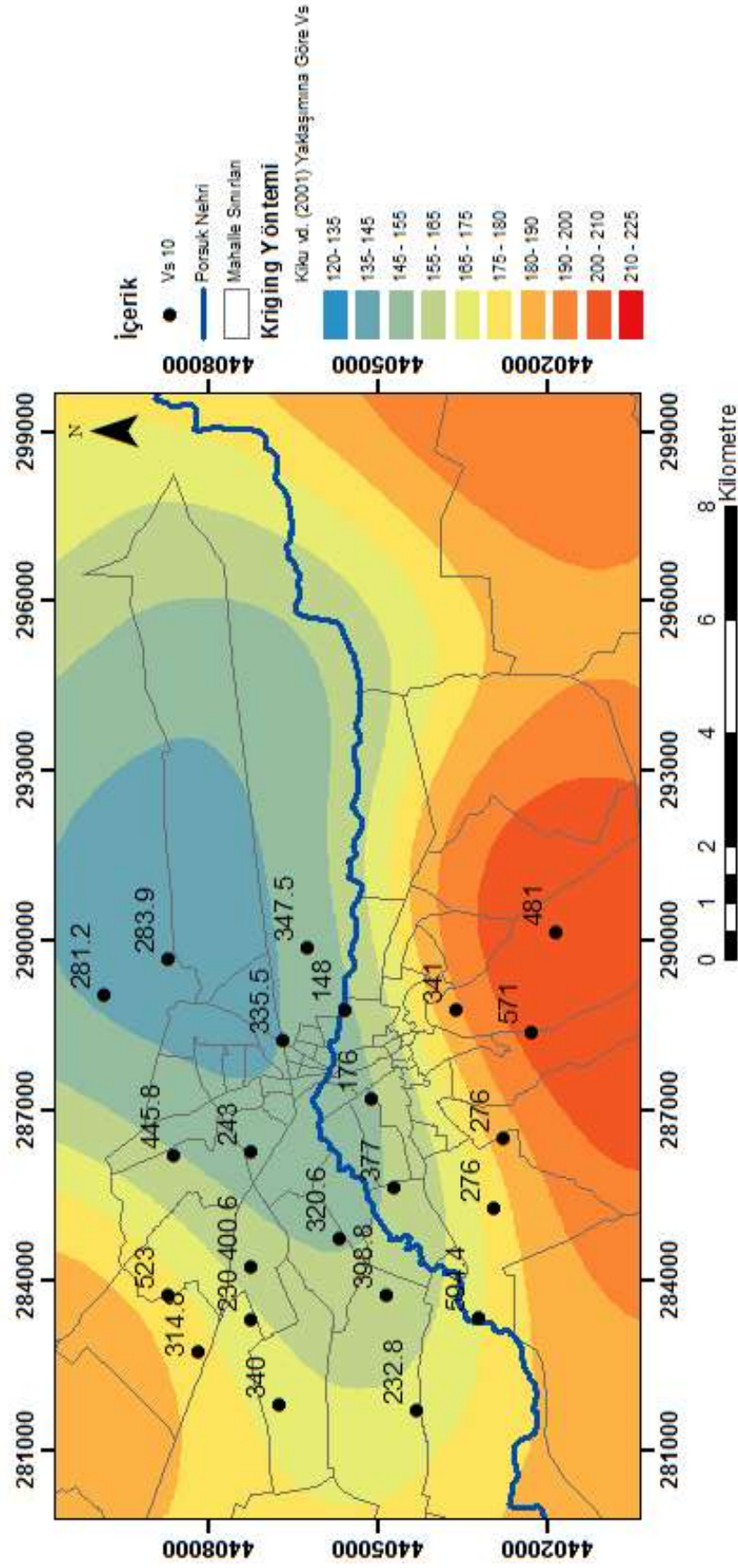
Şekil 6.84. 0-30 m derinlik için Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası

6.1.15. Kiku vd. Yöntemi (2001)

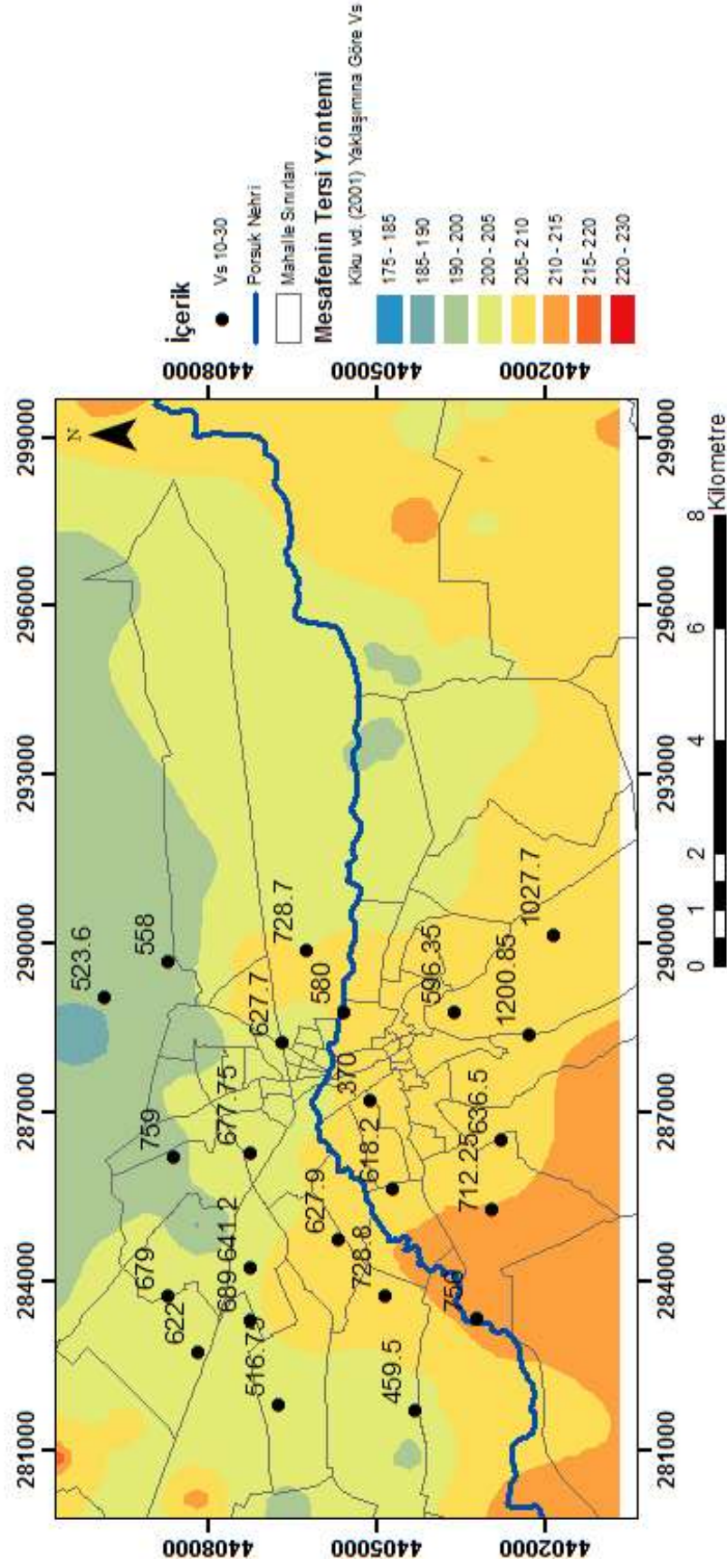
Kiku vd. 2001 yılında yapmış oldukları “İn-situ penetration tests an soil profiling in Adapazari, Turkey” adlı yayınlarında SPT-N ile Vs arasındaki ilişkiyi $V_s=68.3N^{0.292}$ ampirik yaklaşımla ortaya koymuştur (Kiku ve ark. 2001). Bu ampirik yaklaşım göz önüne alınarak, 0-10 m 10-30 m ve 0-30 m derinlikteki zeminler için SPT-N’e bağlı Vs değerlerinin ağırlıklı ortalaması hesapları yapılarak, elde edilen değerler konuma dayalı olarak Mesafenin Tersisi ve Kriging yöntemine göre haritalanmıştır (Şekil 6.85, 6.86, 6.87, 6.88, 6.89, 6.90). Kiku ve arkadaşlarının önermiş olduğu ampirik yaklaşıma göre elde edilen haritalar incelendiğinde alüvyon ve ana kaya zemini için arazide ölçülen değerlerle karşılaştırıldığında, bu yaklaşımın Eskişehir zemini için iyi ilişki göstermediği belirlenmiştir.



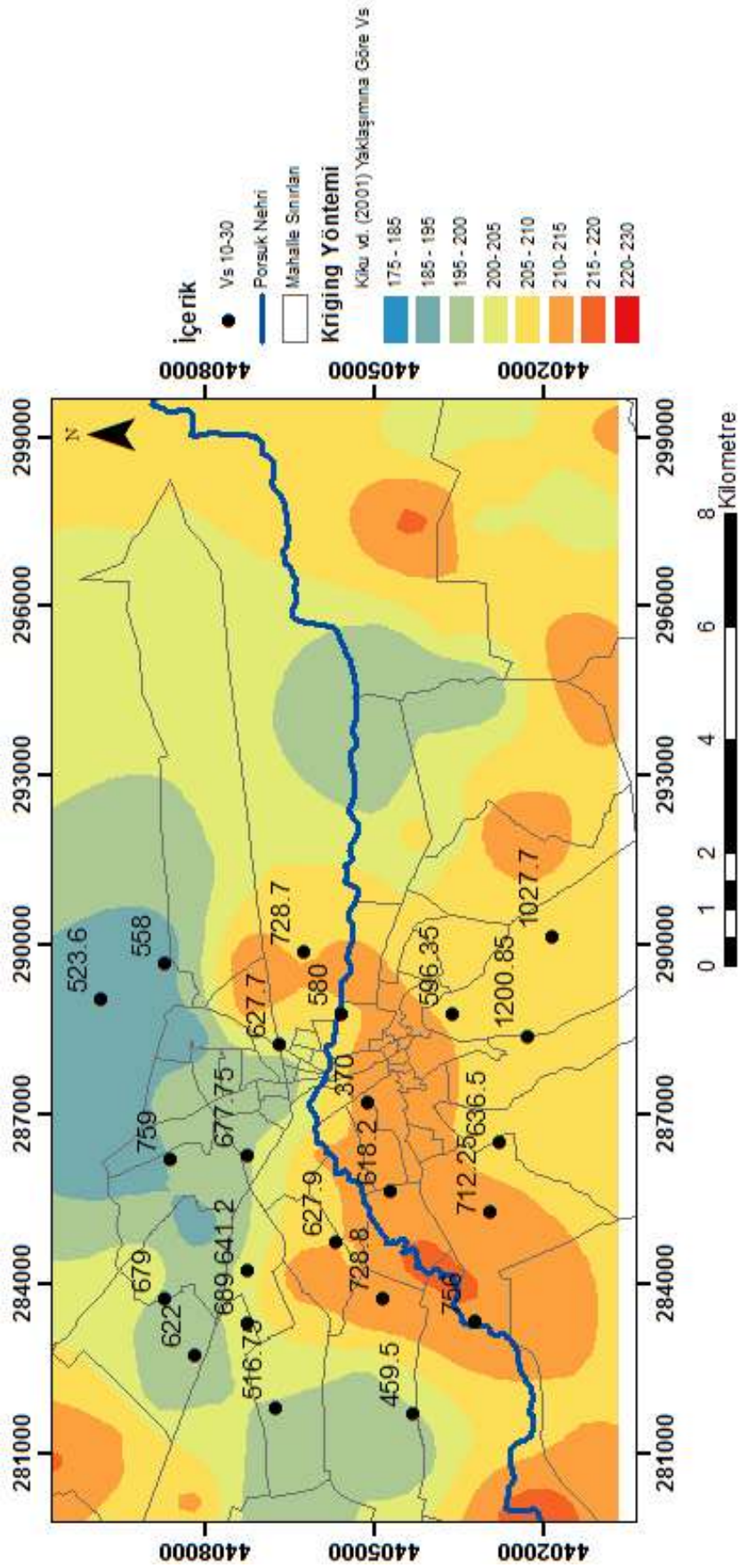
Şekil 6.85. 0-10 m derinlik için Kiku (2001) yaklaşımı ile Mesafenin Tersine yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



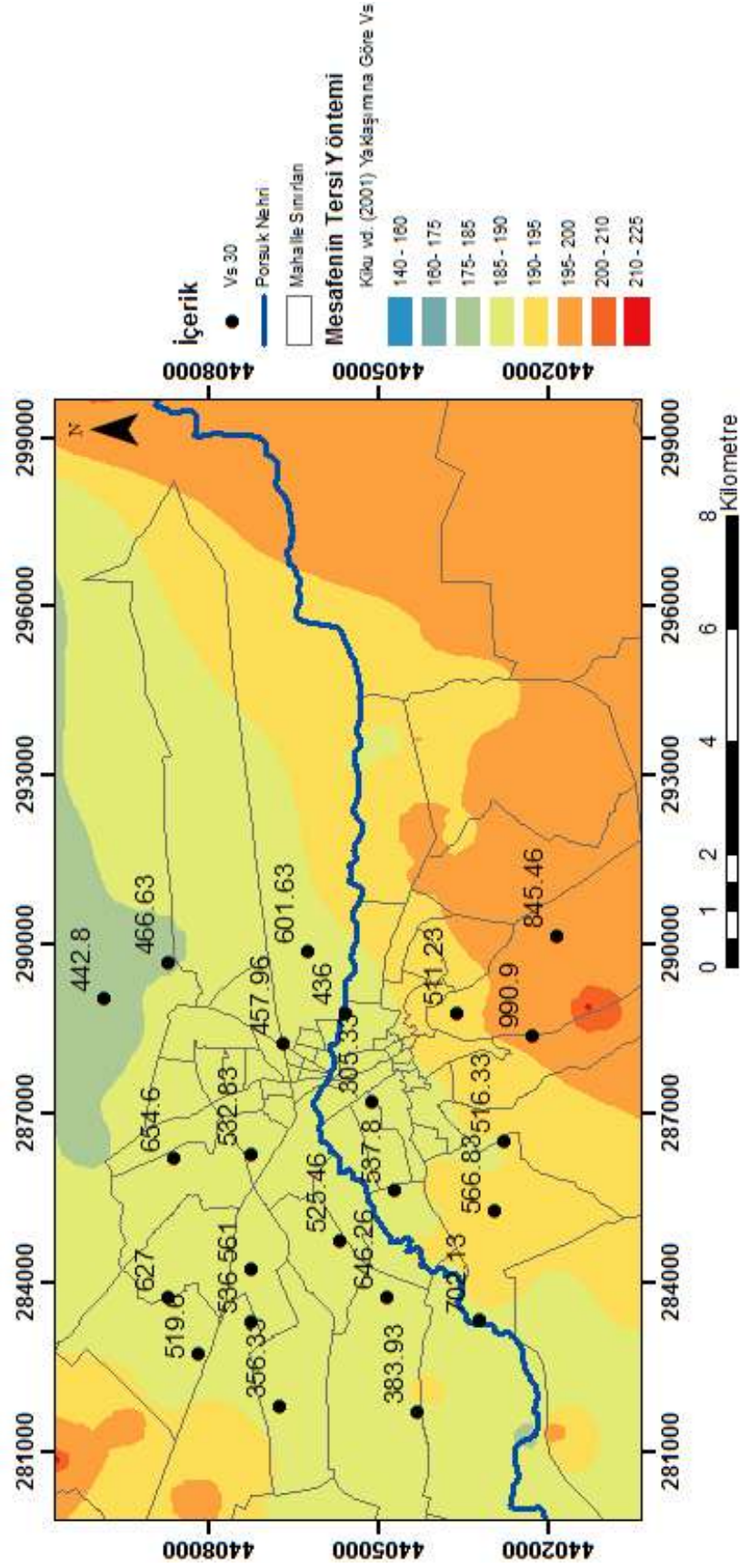
Şekil 6.86. 0-10 m derinlik için Köku (2001) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



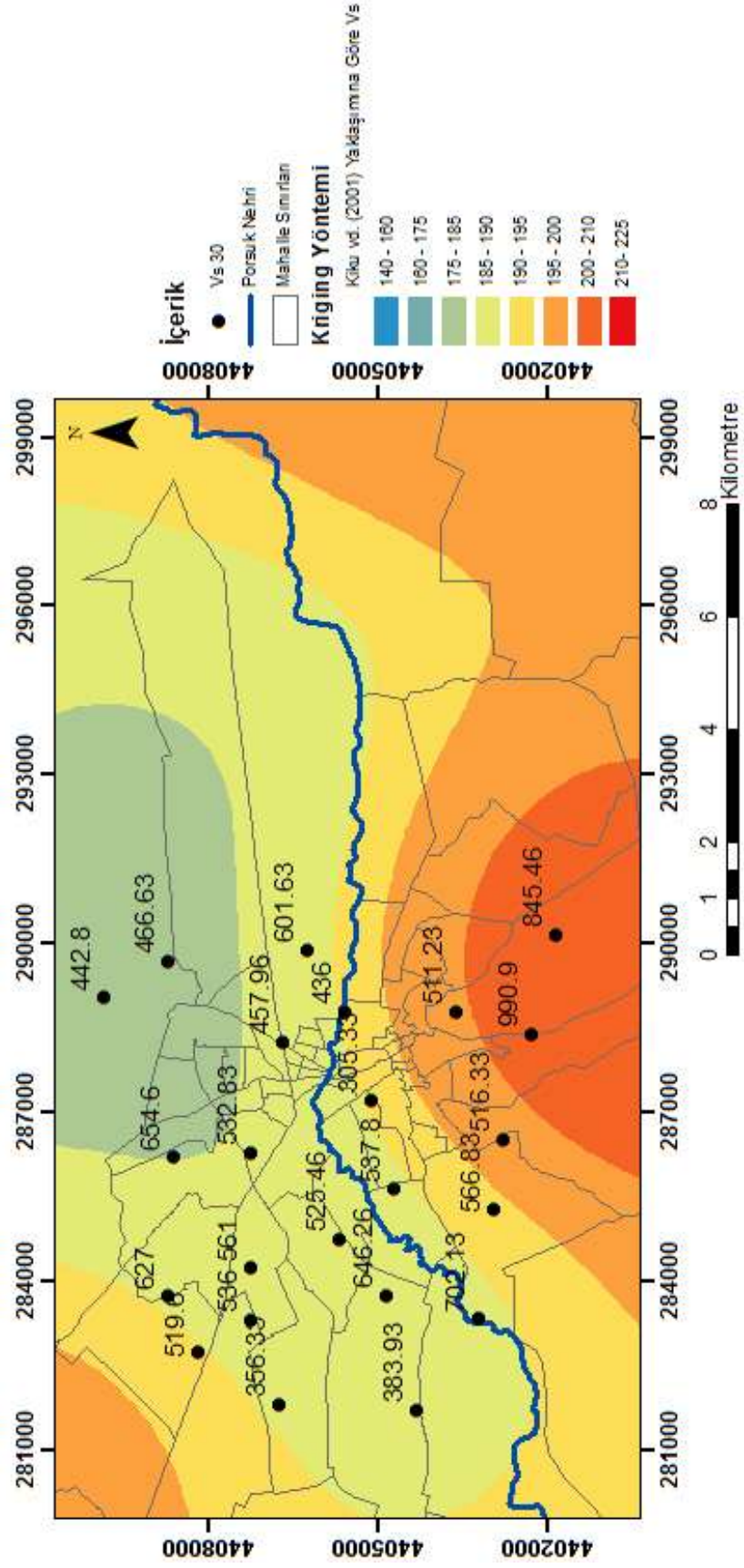
Şekil 6.87. 10-30 m derinlik için Koku (2001) yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



Şekil 6.88. 10-30 m derinlik için Köku (2001) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



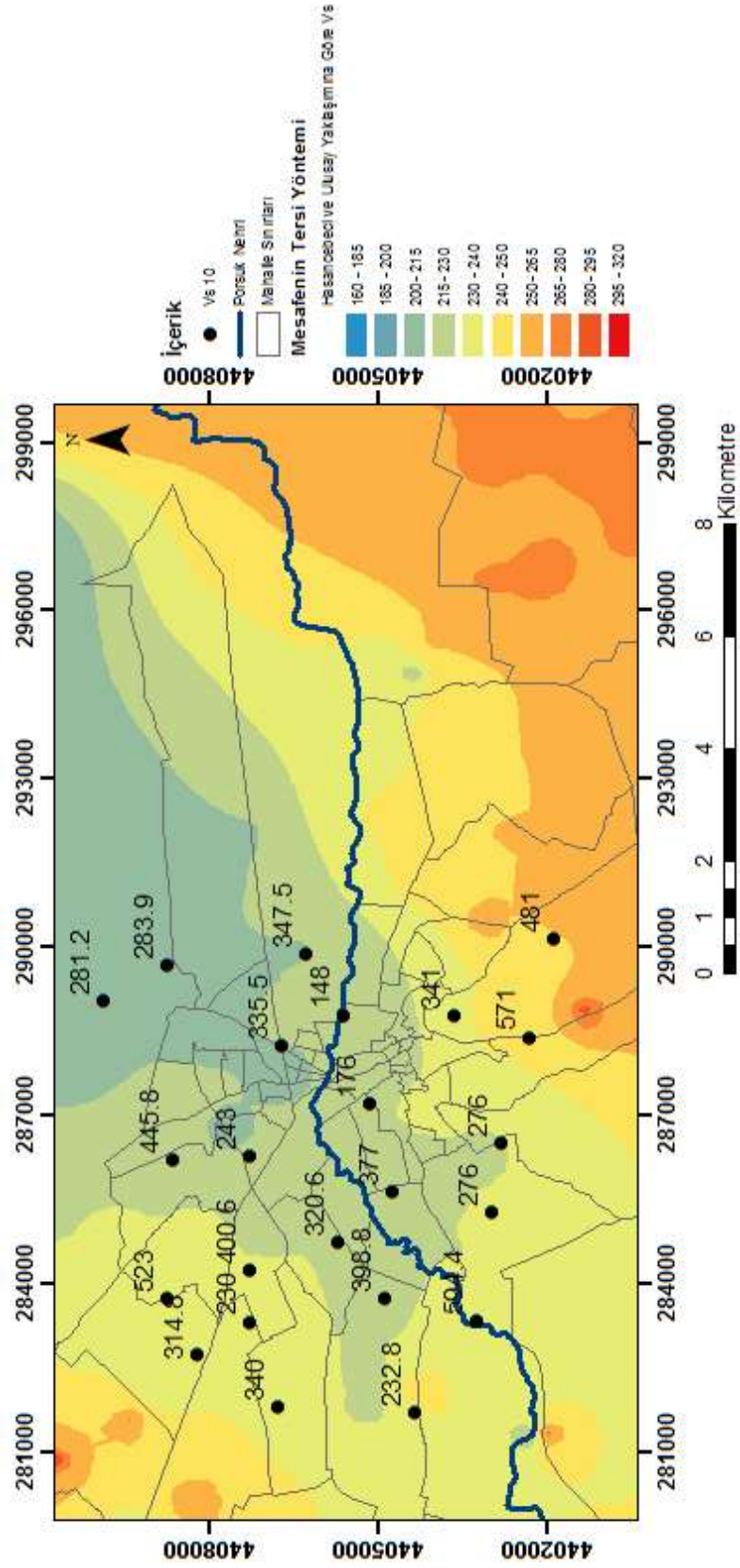
Şekil 6.89. 0-30 m derinlik için Kiku (2001) yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası



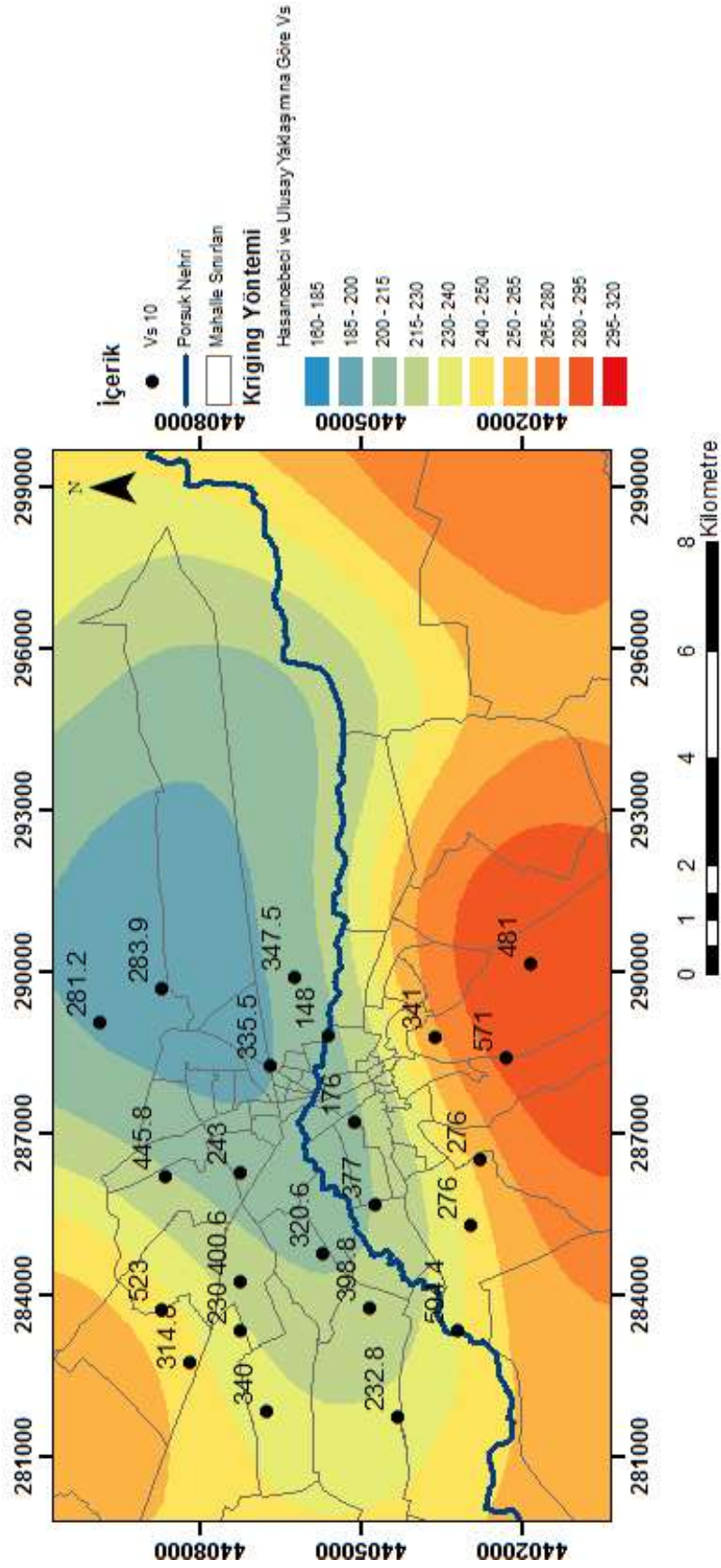
Şekil 6.90. 0-30 m derinlik için Kıku (2001) yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs haritası

6.1.16. Hasancebeci ve Ulusay Yöntemi

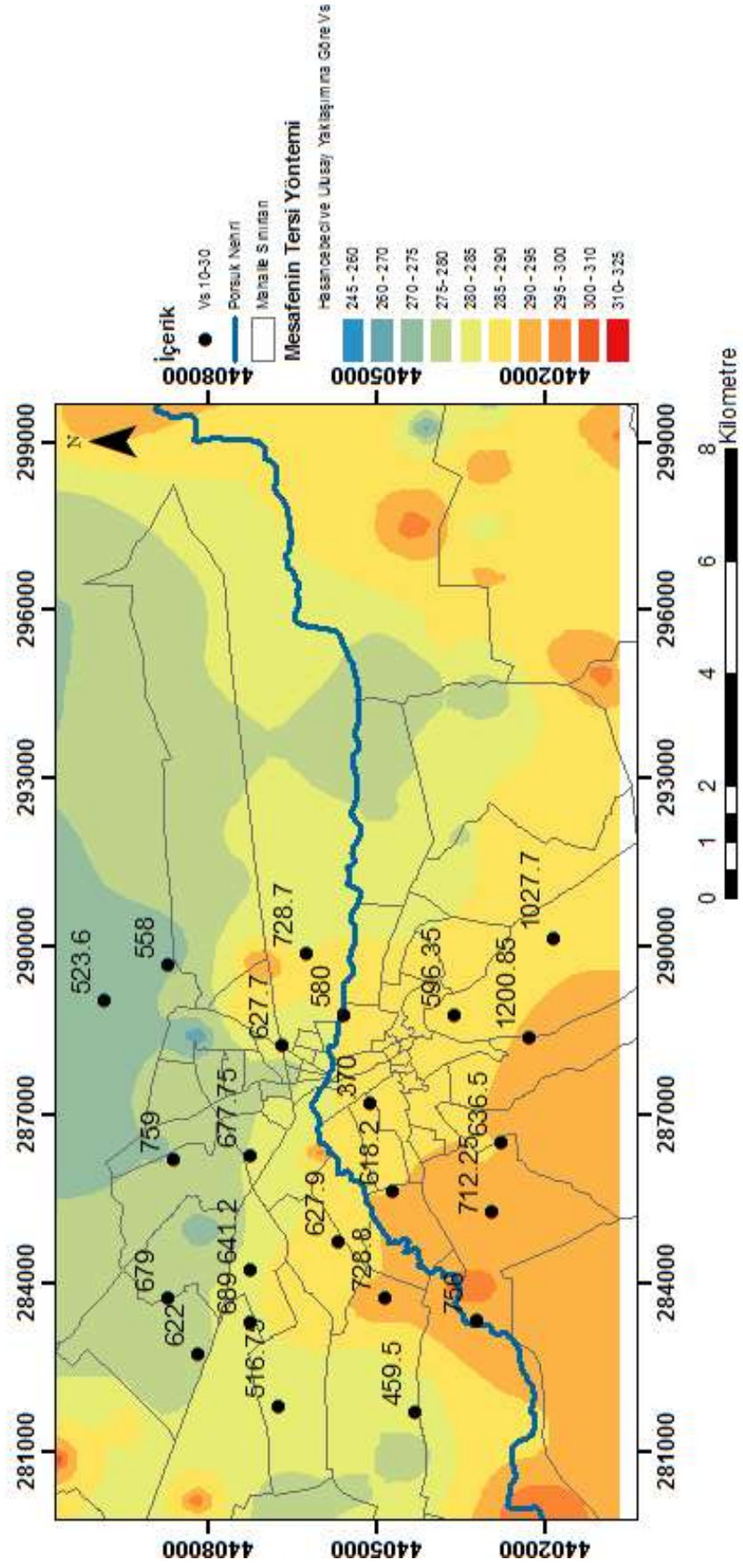
Hasancebeci ve Ulusay, 2007 yılında yapmış olduğu “Empirical correlations between shear wave velocity and penetration resistance for ground shaking assessments” adlı yayınlarında SPT ile V_s arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma alanları Bursa-Yenişehir olup, çalışmalarında 37 adet sondaj değerleri ile, down-hole ve bore-hole teknikleri ile arazide 10-20 m arası V_s ölçümlerini kullanmışlardır. Çalışmada SCPT’den elde ettiği V_s değerleri ile sondajlardan elde ettiği SPT-N’e bağlı V_s değerlerini karşılaştırmıştır. Bu çalışması sonucunda $V_s=90N^{0.309}$ ampirik yaklaşımını öne sürmüştür (Hasancebeci ve Ulusay, 2006). Çalışmanın bu bölümünde Hasancebeci ve Ulusay’ın önerdiği ampirik yaklaşıma göre, 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m derinlikteki zeminler için SPT-N değerlerinden V_s hesabı yapılarak, Mesafenin Tersine ve Kriging yöntemine göre Eskişehir zemini V_s değerleri haritalanmıştır (Şekil 6.91, 6.92, 6.93, 6.94, 6.95, 6.96). Elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde, çalışma alanı kapsamında alüvyon ve anakaya zeminleri için yaklaşım doğruluk göstermemektedir. Hasancebeci ve Ulusay çalışmalarında, 0-20 m arasında değişen zemin için V_s ölçümleri yapmışlar ve bu ölçümleri SPT-N ile ilişkilendirmişlerdir. Zeminin derinliğe bağlı olarak çok değişken bir yapıya sahip olması, bu yaklaşımın V_{s30} , V_{s10-30} değerlerinin ve haritalarının elde edilmesindeki hata oranını destekler niteliktedir.



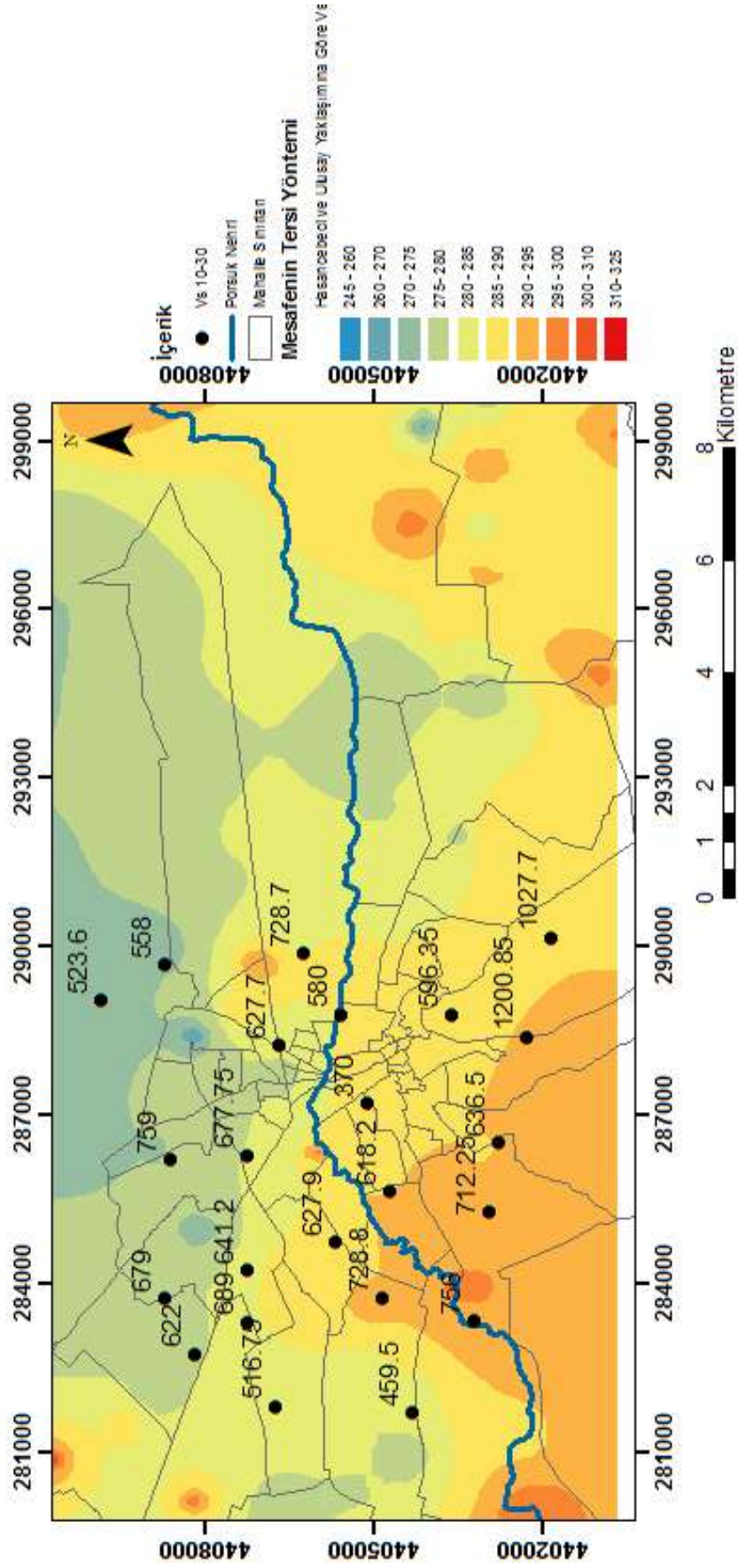
Şekil 6.91. 0-10 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Mesafenin Tersisi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



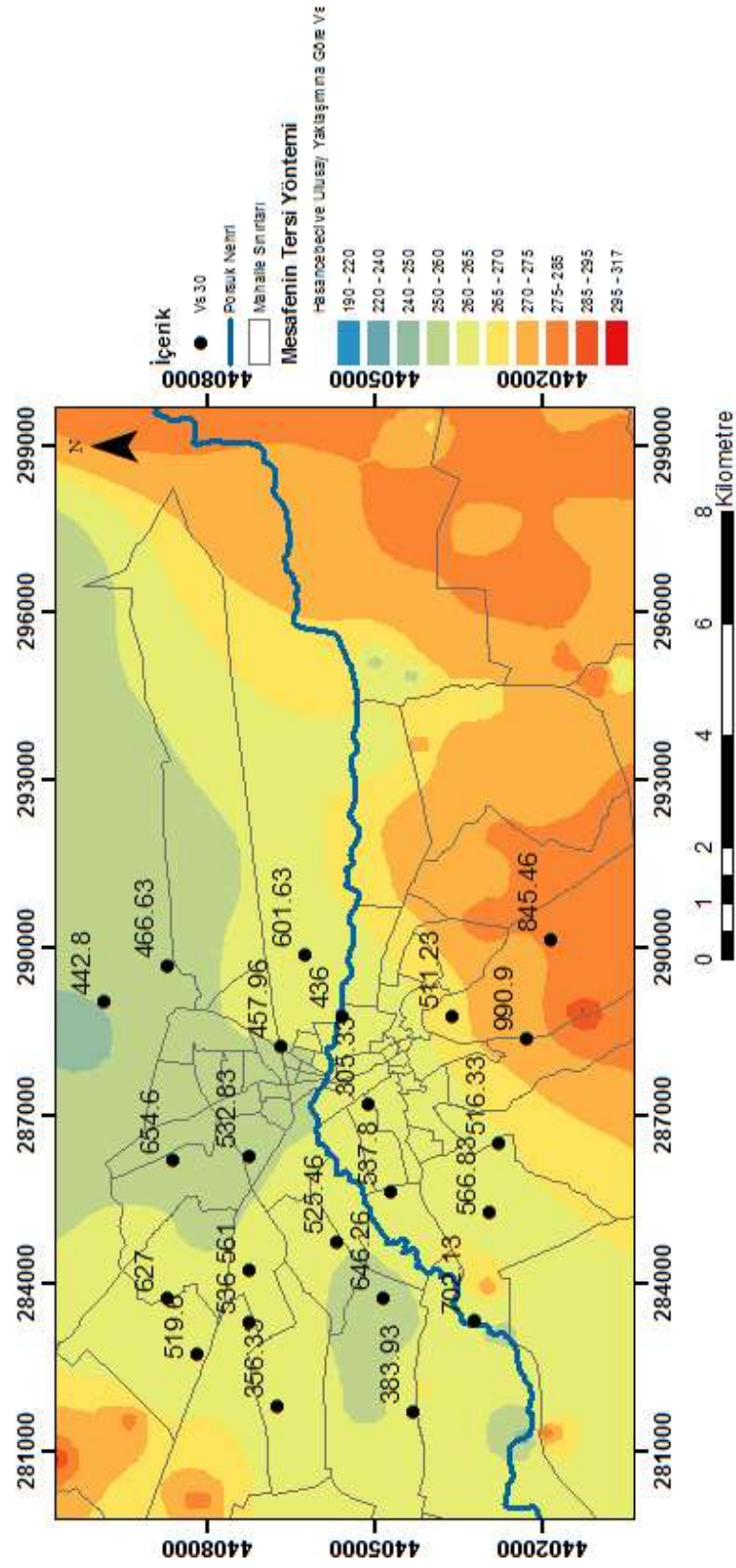
Şekil 6.92. 0-10 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



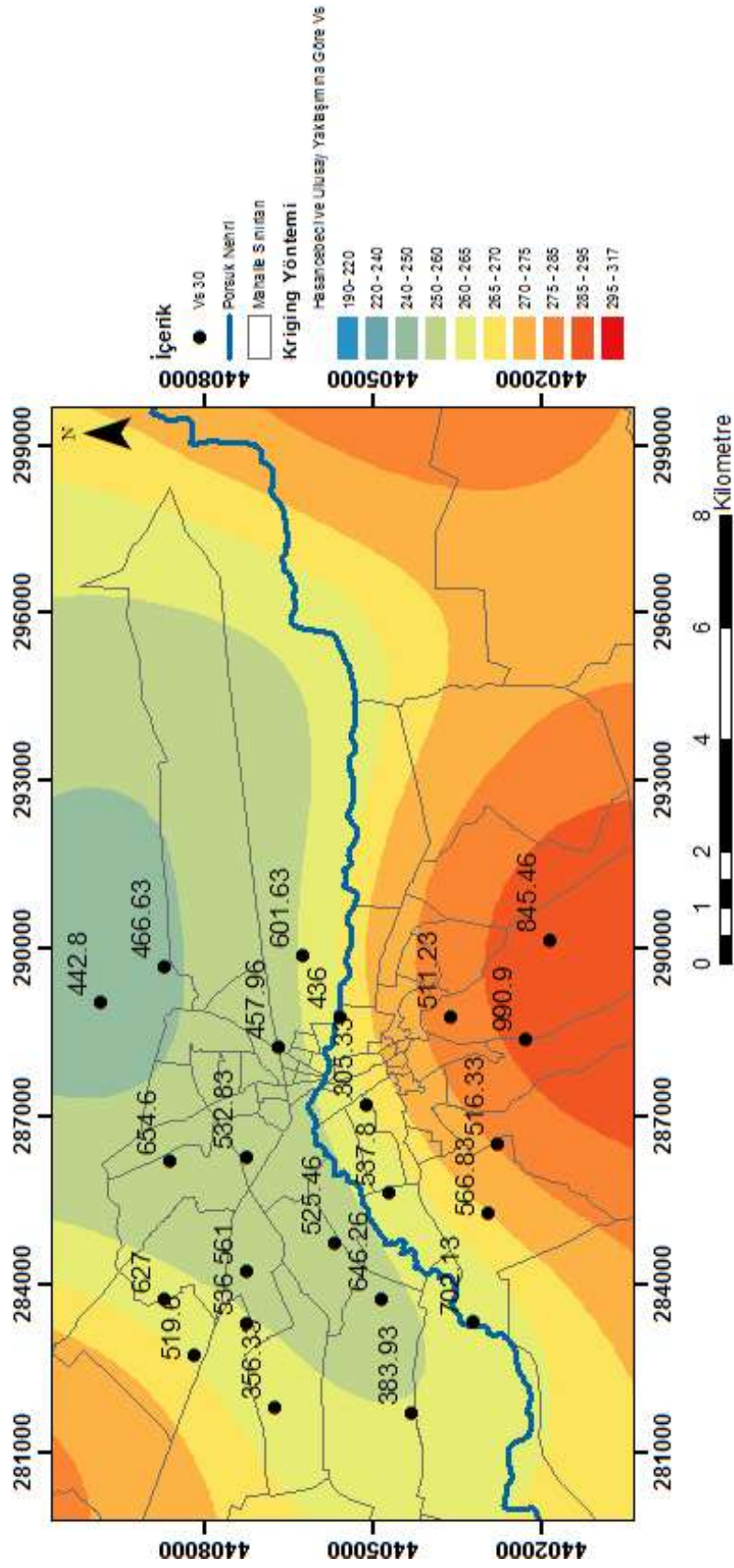
Şekil 6.93. 10-30 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



Şekil 6.94. 10-30 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



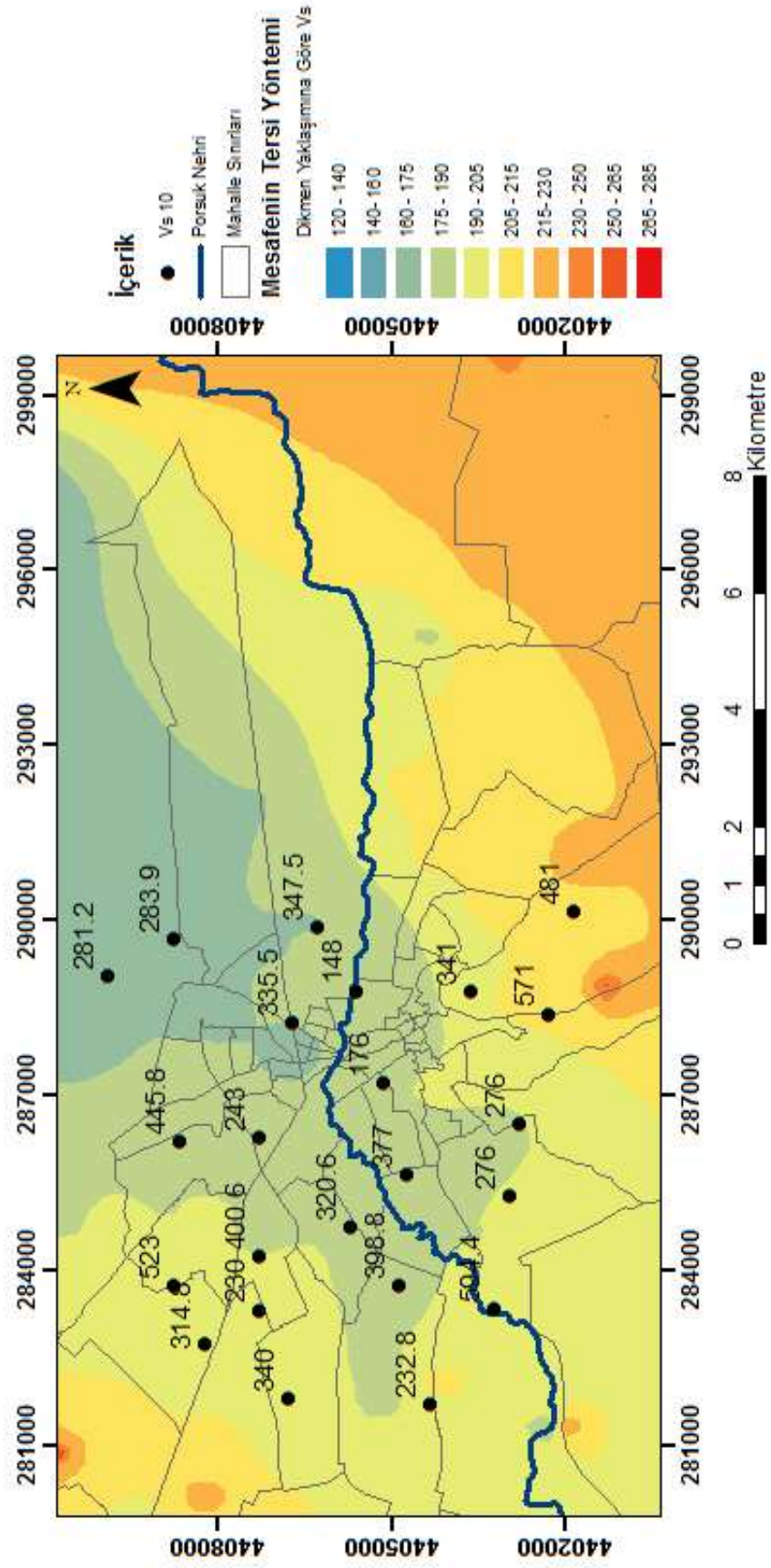
Şekil 6.95. 0-30 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş V's Haritası



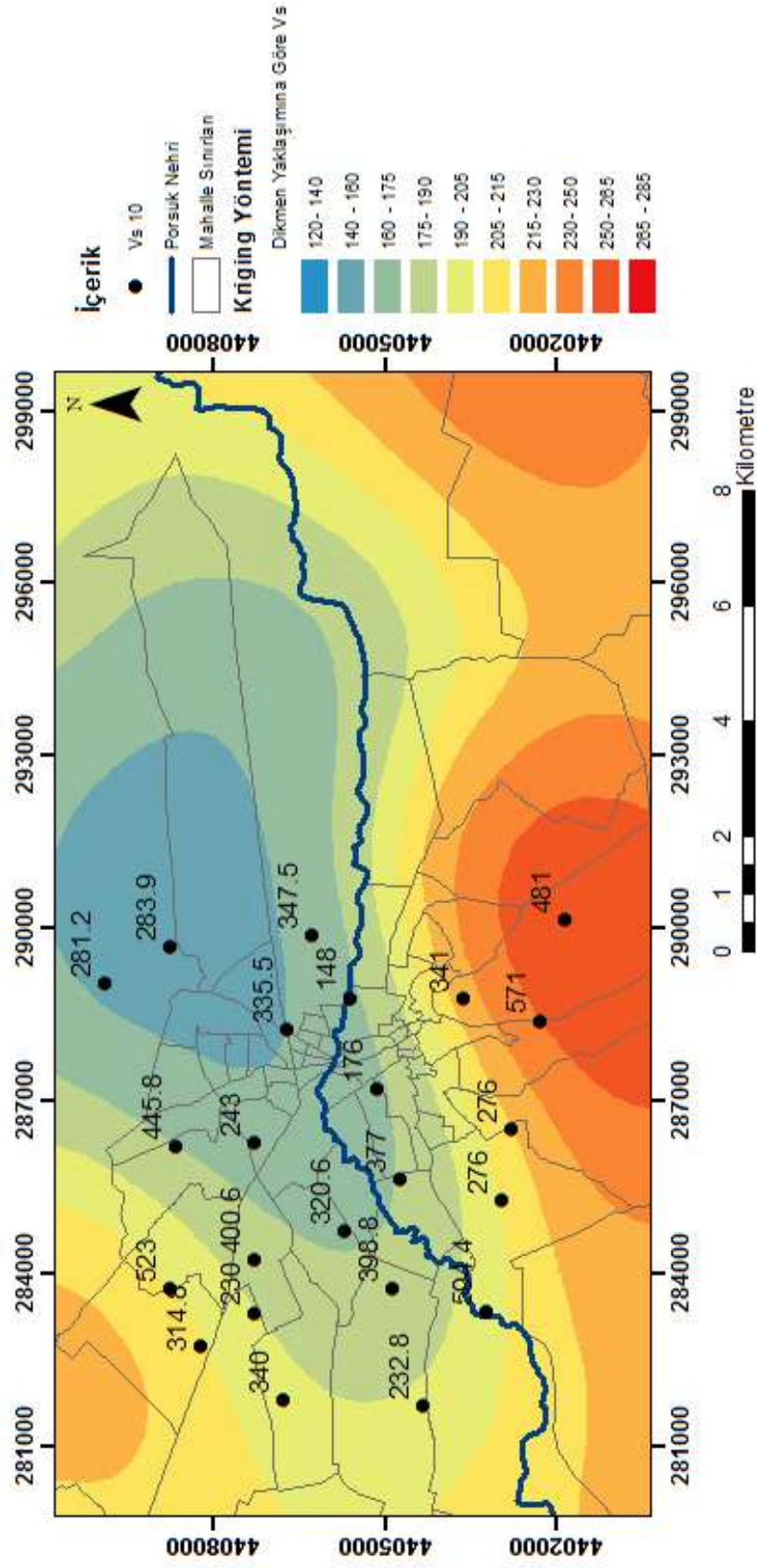
Şekil 6.96. 0-30 m derinlik için Hasancebeci ve Ulusay yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası

6.1. 17. Dikmen Yöntemi:

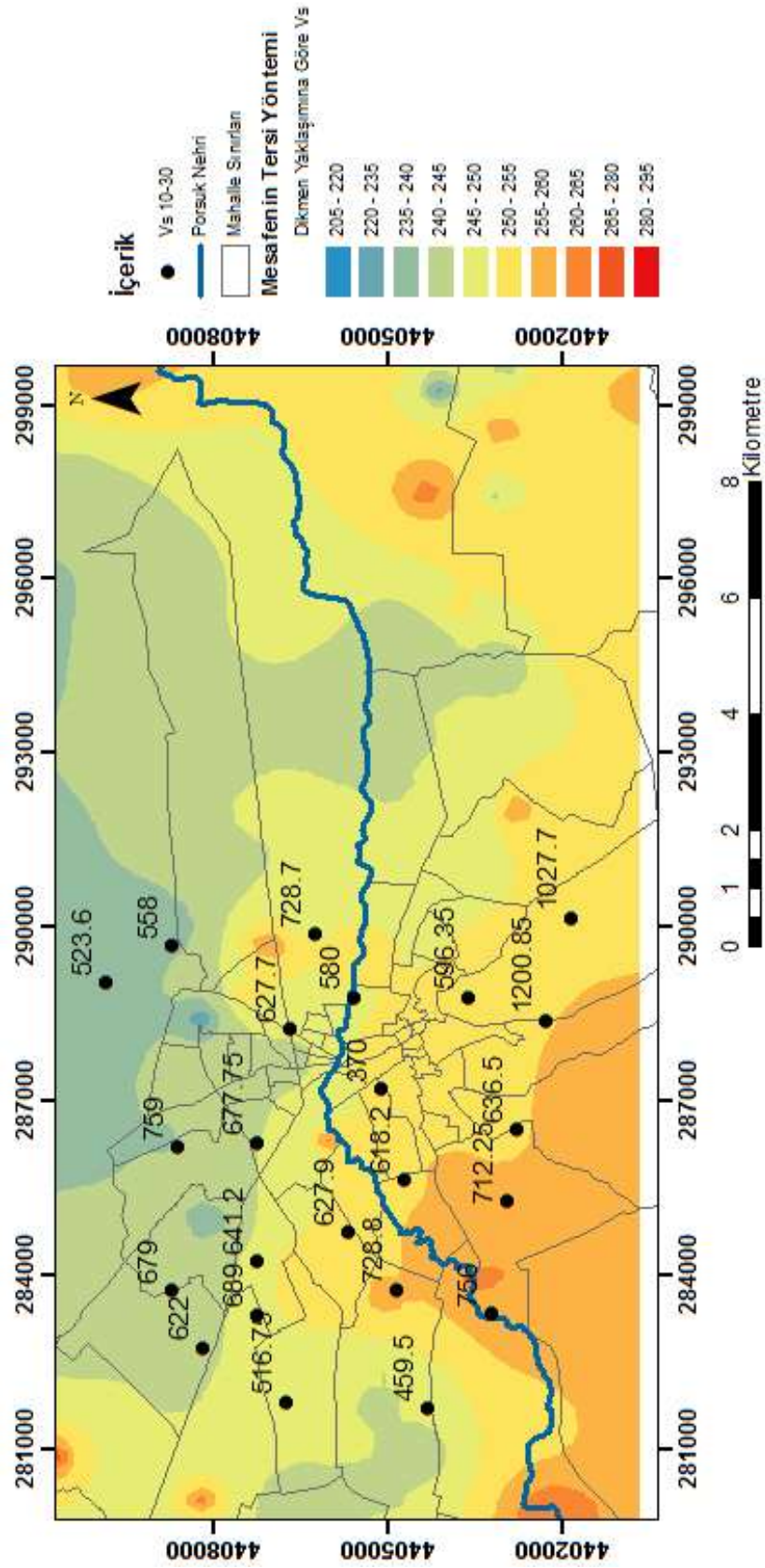
Dikmen, 2009 yılında yapmış olduğu “Statistical correlations of shear wave velocity and penetration resistance for soils” adlı makalesinde SPT ile Vs arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmasında Eskişehir’de 10-20 m arasında değişen derinliklere kadar yapılmış olan 43 SCPT ile 52 sondaj değerlerini korele ederek, SCPT’den elde ettiği Vs değerleri ile sondajlardan elde ettiği SPT-N’e bağlı Vs değerlerini karşılaştırmıştır. Bu çalışması sonucunda $V_s = 58N^{0.39}$ ampirik yaklaşımını öne sürmüştür (Dikmen, 2009). Ayrıca çalışmasında daha iyi korelasyon olması için düzeltilmemiş darbe sayılarının kullanılmasını önermiştir. Dikmen yöntemi uygulanarak elde edilen haritalar detaylı incelendiğinde, 0-10, 10-30 m ve 0-30 m derinlik için zemini ana kaya olan yerlerde dahi max Vs değerinin 284 m/sn’ye ulaşabildiği gözlemlenmiştir (Şekil 6.97, 6.98, 6.99, 6.100, 6.101, 6.102). NEHRP’in zemin sınıfları tablosuna bakıldığında anakayada Vs değerinin 760 m/sn’den fazla olması gerekmektedir. Dikmen bu çalışmasında, SCPT deneyinden elde ettiği yaklaşık 10-20 m derinlikte değişen Vs değerlerini kullanarak bir yaklaşım öne sürmüştür. Dikmen’in tüm Eskişehir zemini için 52 sondaj kullanması ve arazide SCPT deneyinden elde ettiği gerçek vs değerlerinin derinliğinin 10-20 m arasında değişiklik göstermesi, bu yaklaşımın Vs 30 değerlerin belirlenmesinde doğruluk göstermemesini desteklemektedir.



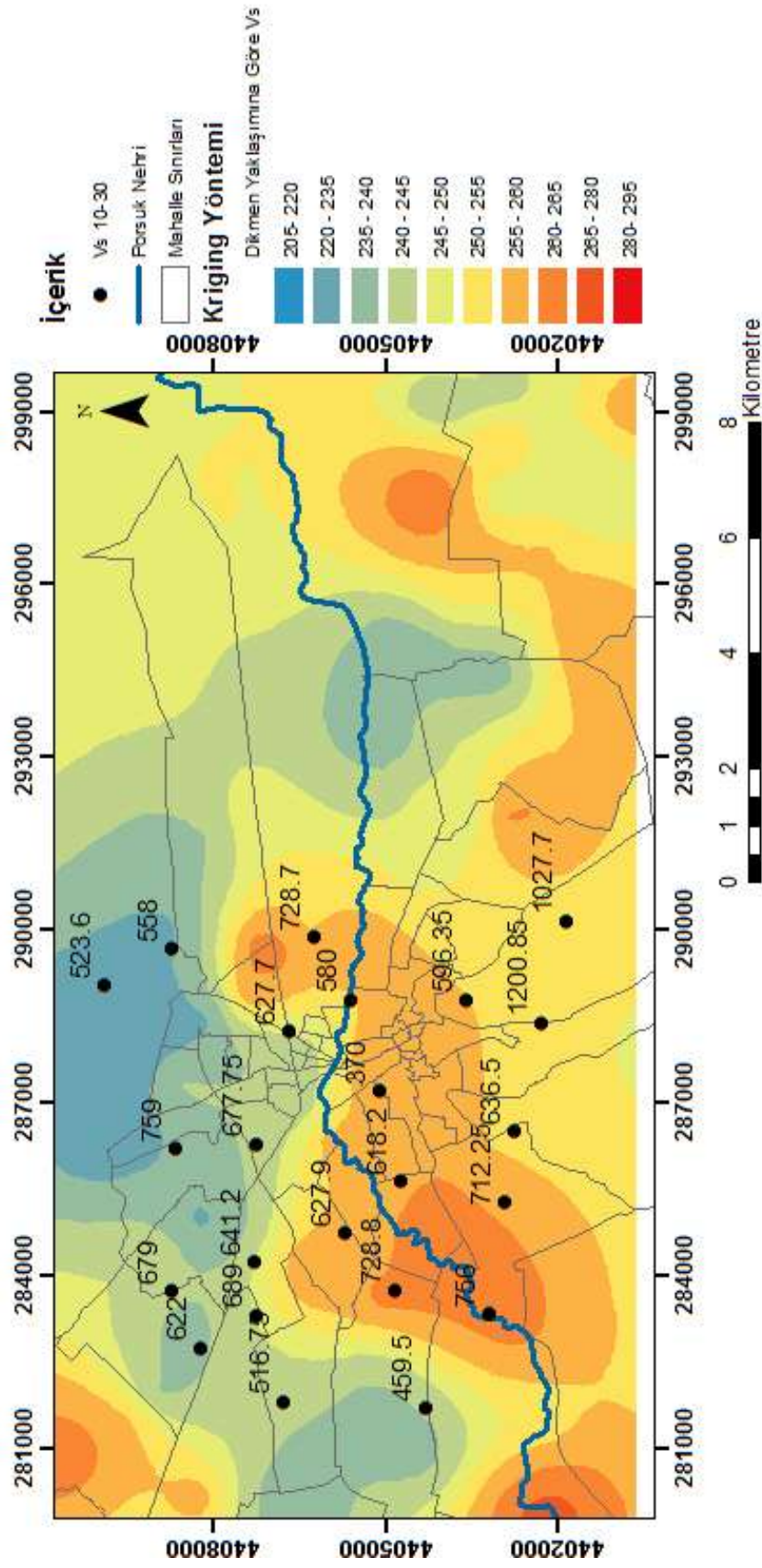
Şekil 6.97. 0-10 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Mesafenin Tersiyer yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



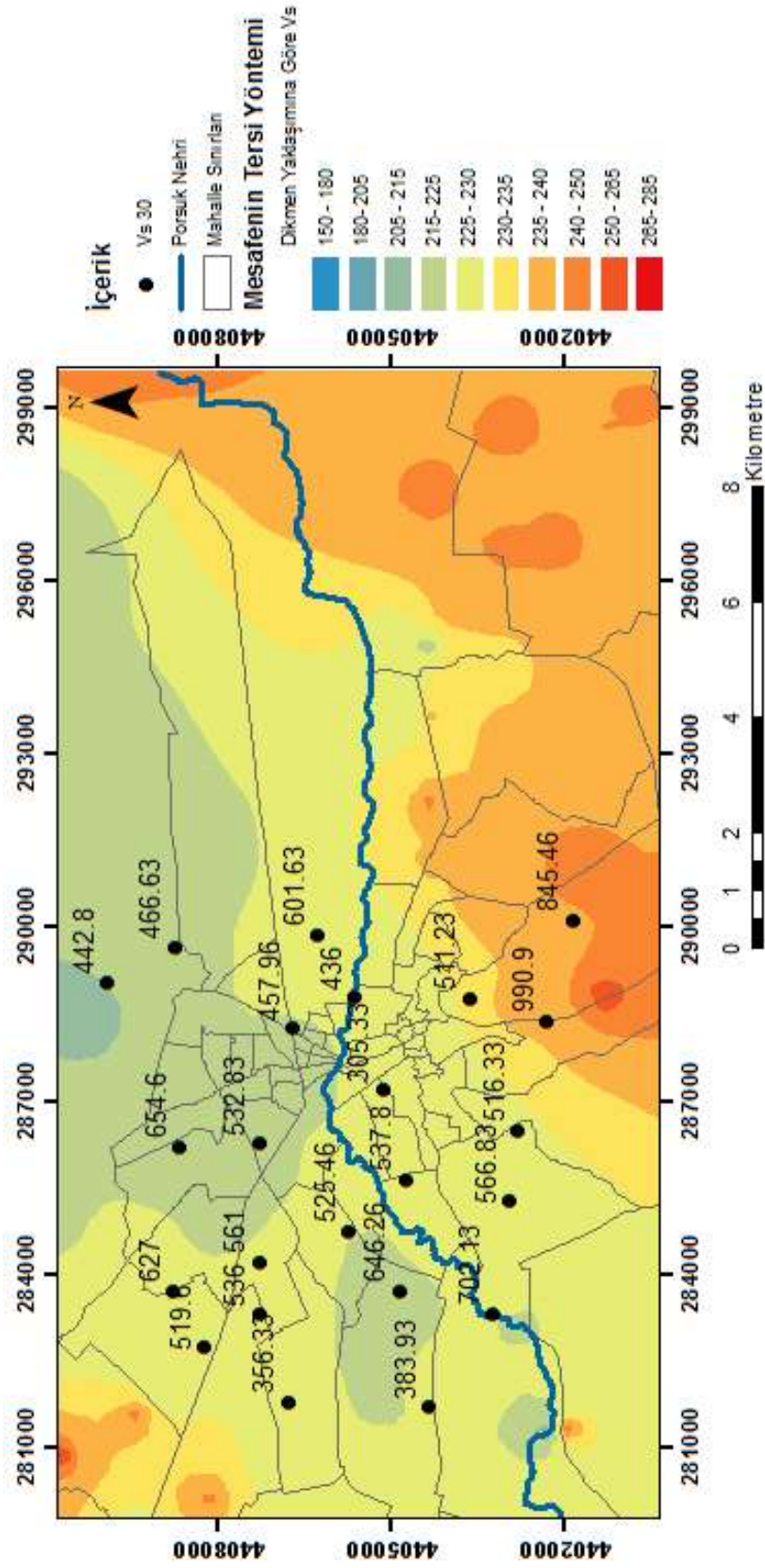
Şekil 6.98. 0-10 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



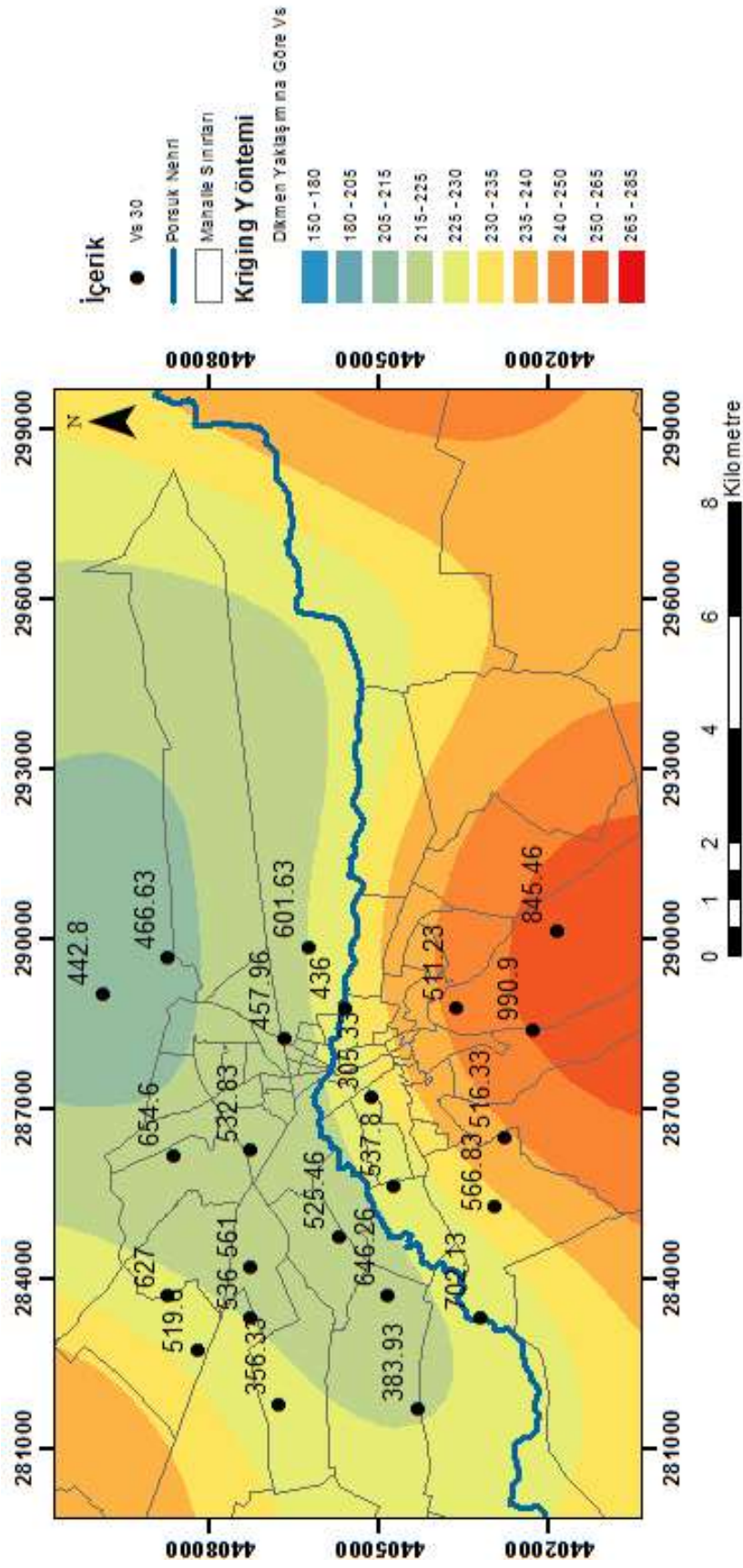
Şekil 6.99. 10-30 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Mesafenin Tersi yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



Şekil 6.100. 10-30 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



Şekil 6.101. 0-30 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Mesafenin Tersiy yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası



Şekil 6.102. 0-30 m derinlik için Dikmen yaklaşımı ile Kriging yöntemi kullanılarak oluşturulmuş Vs Haritası

6.2. SPSS Analiz Sonuçları

Çalışmanın bu bölümünde, CBS’nde Jeostatistiksel yöntemlerle elde edilen değerlere doğruluk analizi yapabilmek ve CBS teknikleri ile belirlenen en iyi yaklaşımın doğruluğunu kontrol edebilmek için, tüm ampirik yaklaşımlar istatistiksel analiz programı olan SPSS’de değerlendirilmiştir. SPSS programı ile korelasyon ve regresyon analizi yapılarak regresyon katsayıları belirlenmiştir. Analizler sonucunda en iyi ilişkinin Jafari yönteminde olduğu belirlenmiştir. Tüm ampirik yaklaşımların SPSS analiz sonuçları Ekler kısmında verilmektedir.

Korelasyon

Tez çalışmasının bu bölümünde SPT-N’e bağlı Vs hesabı önerilen tüm ampirik yaklaşımlar ile arazide sismik yöntemler kullanılarak belirlenen gerçek Vs değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için SPSS programı aracılığı ile korelasyon ve regresyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda en yüksek ilişkiyi Jafari vd. (1997) yöntemi göstermiştir. Arazide sismik yöntemlerle elde edilen V_{s30} değerleri ile Jafari’nin SPT-N ile ilişkili Vs yaklaşımı korele edildiğinde verilerin normal dağılım gösterdiği ve Significant değerinin 0.05’ten küçük olması gerçek Vs değerleri ile Jafari yaklaşımının Eskişehir zemini için istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1. SPSS’te V_{s30} ve Jafari yönteminden elde edilen değerlerin korelasyon analizi sonuçları

		Vs 30	Jafari
Vs 30	Pearson Correlation	1	.728(**)
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	23	23
Jafari	Pearson Correlation	.728(**)	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	23	23

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Eskişehir zemininde sismik yöntemlerle belirlenen V_{s30} değerleri ile SPT-N sayısına bağlı olarak bulunan Jafari ampirik yaklaşımının arasında pozitif yönde ve anlamlı bir korelasyon (ilişki) bulunmuştur ($r=.728$; $p<0.001$).

Regresyon

Bu tez çalışmasında lineer regresyon analizi yapılarak arazide sismik yöntemlerle belirlenen zeminin gerçek V_{s30} değerleri ile literatürde SPT-N'e bağlı hesabı önerilmiş olan tüm ampirik yaklaşımlar değerlendirilmiştir. Regresyon analizi sonucunda en iyi ilişkiyi Jafari vd. (1997) yaklaşımı göstermiştir. Jafari vd. (1997) regresyon analizi sonucunda $R=.728$ ve $R^2=.53$ olarak elde edilmiştir. Jafari yönteminden elde edilen V_s değerleri ile Eskişehir zeminine ait gerçek V_s değerleri %53 ilişkilidir (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2. SPSS'te V_{s30} ve Jafari yönteminden elde edilen değerlerin regresyon analizi sonuçları

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.728(a)	.530	.507	106.16823

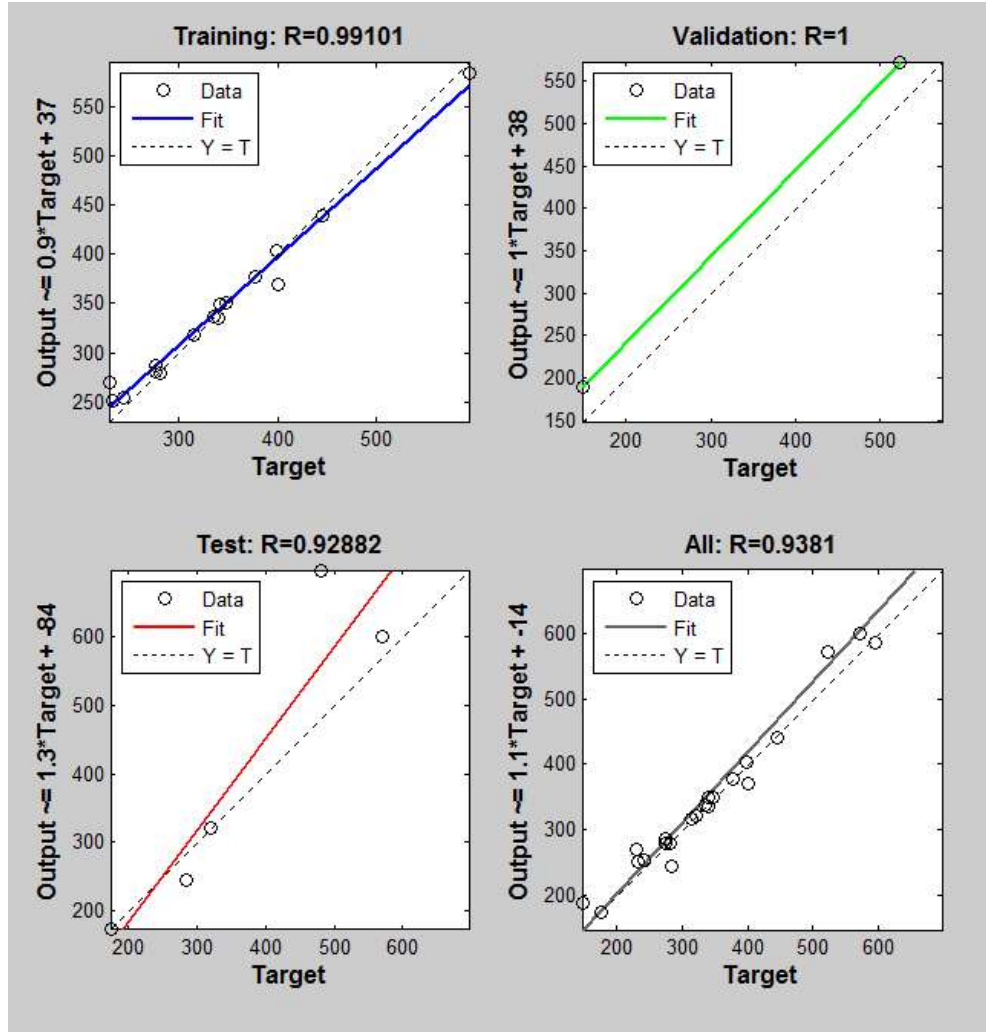
a Predictors: (Constant), Jafari

6.3. Yapay Sinir Ağları Yöntemi

Tez çalışmasının bu bölümünde Yapay Sinir Ağları'nda Eskişehir ili zemininde yapılmış olan 23 noktada ölçülen V_s hızlarının 0-10m, 10-30 m ve 0-30 m derinlikteki zeminler için tahminlemesi yapılarak, en iyi tahmini değerleri belirlenmiştir. Sisteme input ve output değerler tanımlanarak analizler yapılmıştır.

YSA yöntemi kullanılarak oluşturulan V_s tahmini modeli sonucu yapılan analizler sırasında sismik hatların koordinatları X,Y ve sondajların SPT ağırlıklı ortalamaları input olarak, arazide sismik yöntemlerle belirlenen gerçek V_s değerleri output olarak tanımlanmıştır. Analiz sırasında 2 örnek test ve 5 örnek veri eğitim için ayrılmıştır. Sistem en az hata oranı verene kadar eğitilmiştir.

Yapay sinir ağıları ile tahminleme analizi sonucunda 0-10 m derinlikteki vs tahmini için $R=0,93$ doğrulukla tahmini değerler elde edilmiştir (Şekil 6.103). Geliştirilen yapay sinir ağıları modeli ile herhangi bir X, Y ve N değerine bağlı %93 doğrulukla tahmini Vs değeri bulunabilmektedir (Çizelge 6.3).

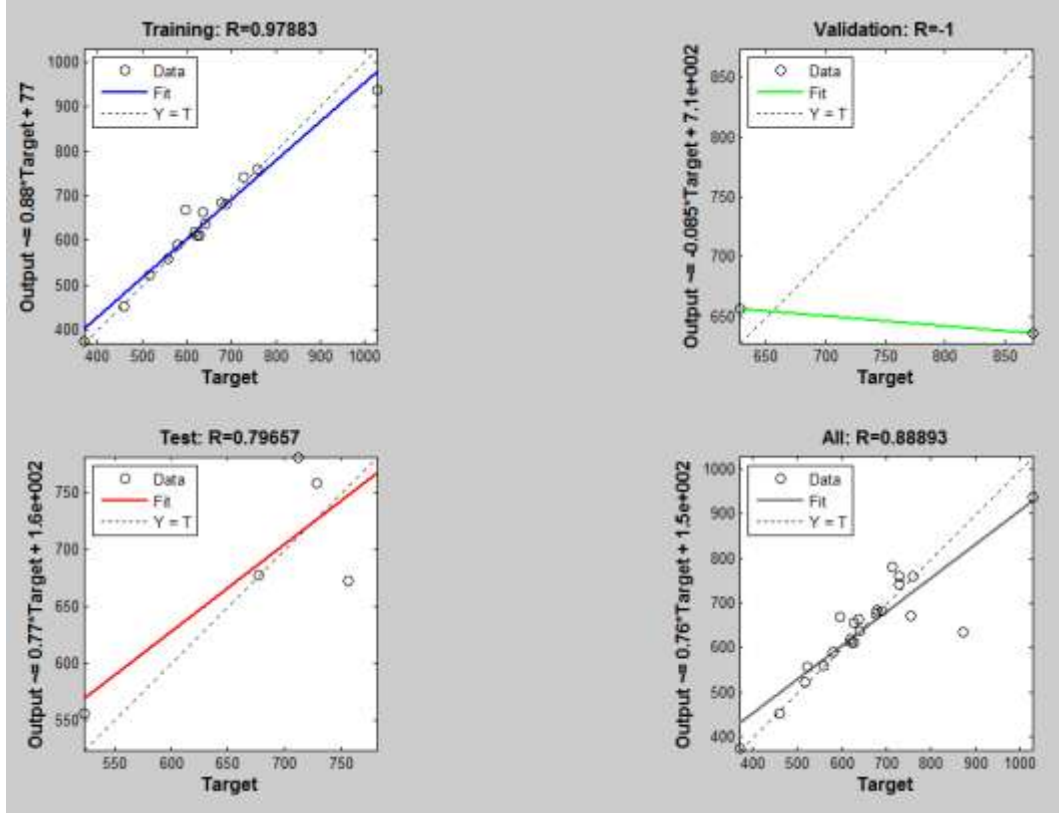


Şekil. 6. 103. 0-10 m derinlikteki zemin için Yapay Sinir Ağları yöntemi sonucunda bulunan regresyon analiz sonuçları

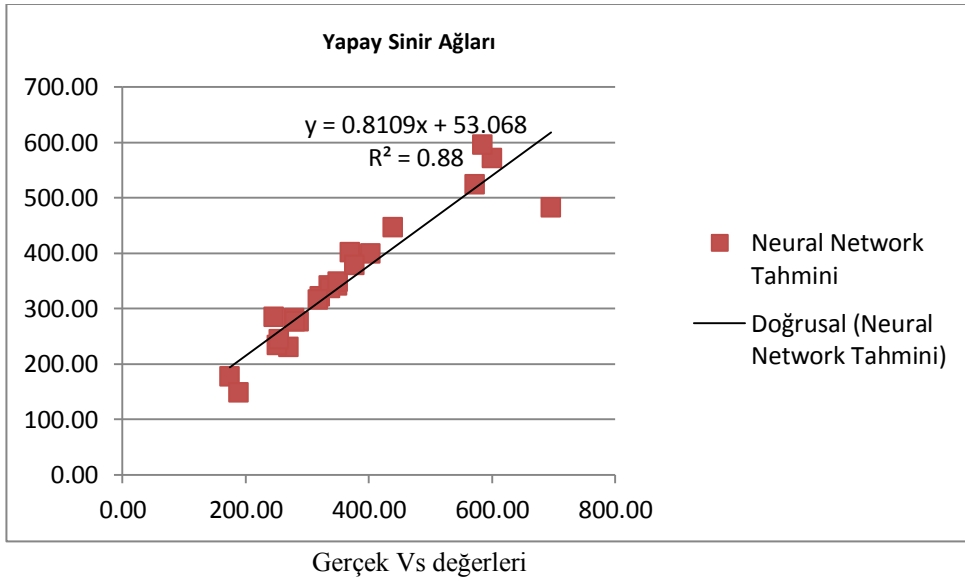
Çizelge 6.3. 0-10 m derinlikteki Yapay Sinir Ağları Modeli’nden bulunan Vs değerleri

X	Y	SPT-N	Gerçek Vs 10	YSA tahmini
287192.00	4405145.00	19.80	176.00	173.80
283303.00	4407280.00	35.80	230.00	270.15
281796.00	4406787.00	31.88	340.00	335.69
288781.00	4403642.00	40.88	341.00	348.65
289671.00	4408746.00	9.18	283.90	245.52
285270.00	4402961.00	15.26	276.00	286.39
284740.00	4405731.00	35.32	320.60	320.85
288388.00	4402314.00	41.10	571.00	599.94
290131.00	4401875.00	38.33	481.00	696.08
289044.00	4409904.00	11.12	281.20	279.67
281702.00	4404335.00	18	232.80	251.09
288252.00	4406703.00	44.83	335.50	337.36
283309.00	4403236.00	48	594.40	584.50
283717.00	4404867.00	47.32	398.80	403.24
288786.00	4405619.00	8.44	148.00	188.93
284212.00	4407287.00	30.21	400.60	369.82
289868.00	4406276.00	29.74	347.50	350.82
285640.00	4404757.00	20.05	377.00	377.42
286494.00	4402803.00	17.97	276.00	279.88
286185.00	4408660.00	35.40	445.80	439.82
282734.00	4408236.00	25.03	314.80	318.09
286263.00	4407284.00	7.62	243.00	253.98
283710.00	4408754.00	37.97	523.00	572.00

Yapay sinir ağlarında Eskişehir zeminini için 10-30 m derinlikteki zeminlerin vs tahminde regresyon analiz sonuçlarına bakıldığında regresyon katsayısının $R=0.88$ olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen Yapay Sinir Ağları modeli sonucu Eskişehir zeminine ait Vs değerlerinin $R=0,88$ doğrulukla tahmini değerleri elde edilmiştir (Şekil 6.104, 6.105). Geliştirilen YSA modeli ile herhangi bir X,Y ve N değerine bağlı %93 doğrulukla tahmini Vs değeri bulunabilmektedir (Çizelge 6.4).



Şekil 6.104. 10-30 m derinlikteki zemin için Yapay Sinir Ağları yöntemi sonucunda bulunan regresyon analiz sonuçları

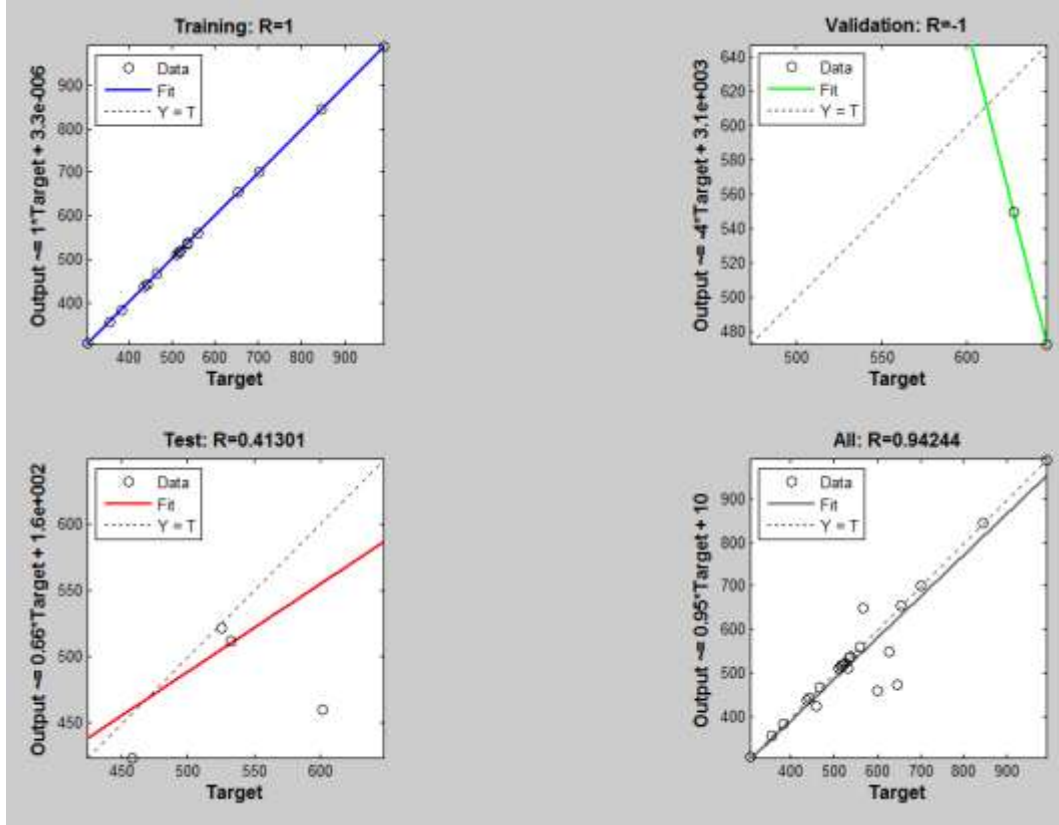


Şekil 6.105. 10-30 derinlikteki zeminin gerçek Vs değerleri ile Yapay Sinir Ağları modeli arasındaki ilişki

Çizelge 6.4. 10-30 m derinlikteki Yapay Sinir Ağları Modeli’nden bulunan Vs değerleri

X	Y	SPT-N	Gerçek VS 10-30	YSA Tahmini
287192.00	4405145.00	50	370.00	374.14
283303.00	4407280.00	46.56	689.00	682.57
281796.00	4406787.00	41.53	516.75	521.4
288781.00	4403642.00	50	596.35	669.47
289671.00	4408746.00	40.78	558.00	559.44
285270.00	4402961.00	48	712.25	781.74
284740.00	4405731.00	45	627.90	656.83
288388.00	4402314.00	50	1200.85	635.89
290131.00	4401875.00	50	1027.70	938.54
289044.00	4409904.00	42	523.60	556.01
281702.00	4404335.00	38	459.50	452.02
288252.00	4406703.00	41	627.70	610.99
283309.00	4403236.00	50	756.00	672.46
283717.00	4404867.00	48	728.80	759.05
288786.00	4405619.00	35	580.00	591.14
284212.00	4407287.00	37	641.20	636.21
289868.00	4406276.00	48	728.70	742.44
285640.00	4404757.00	38	618.20	619.21
286494.00	4402803.00	42	636.50	663.88
286185.00	4408660.00	50	759.00	760.63
282734.00	4408236.00	40	622.00	611.93
286263.00	4407284.00	46	677.75	677.63
283710.00	4408754.00	48	679.00	685.09

Eskişehir zemininin 0-30 m derinlikteki vs değerlerinin tahmini için oluşturulan YSA modelinde analizler yapıldığında regresyon katsayısının $R=0,94$ olduğu belirlenmiştir. En yüksek regresyon katsayısı 0-30 m derinlikteki analiz için geliştirilen model sonucunda tespit edilmiştir (Şekil 6.106). Geliştirilen YSA modelinden %94 doğrulukla tahmini Vs değerleri bulunabilmektedir (Çizelge 6.5).

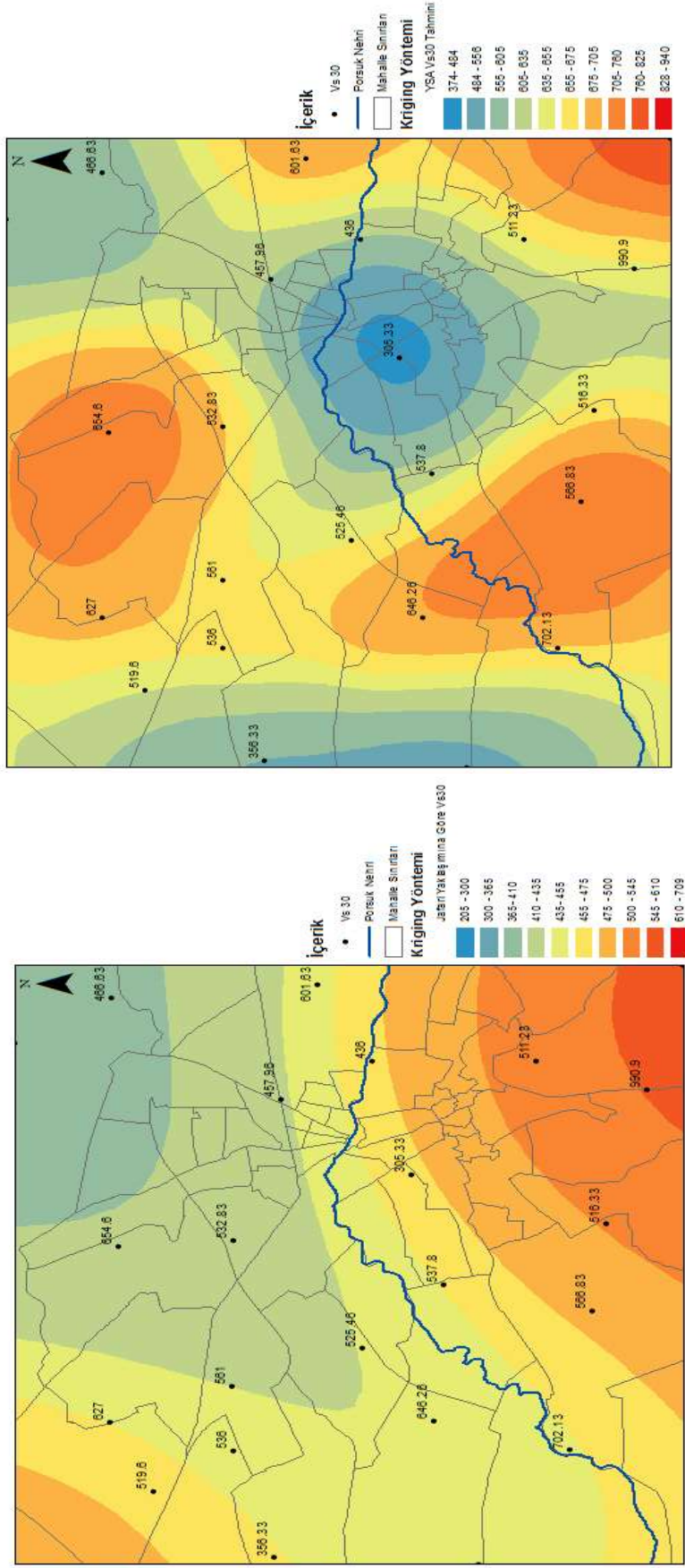


Şekil 6.106. 0-30 m derinlikteki zemin için Yapay Sinir Ağları yöntemi sonucunda bulunan regresyon analiz sonuçları

Çizelge 6.5. 0-30 m derinlikteki Yapay Sinir Ağları Modeli'nden bulunan Vs değerleri

X	Y	SPT-N	Gerçek Vs 30	YSA Tahmini
287192.00	4405145.00	32	305.33	446.41
283303.00	4407280.00	50	536.00	534.25
281796.00	4406787.00	34	356.33	359.07
288781.00	4403642.00	50	511.23	508.16
289671.00	4408746.00	36	466.63	467.50
285270.00	4402961.00	50	566.83	561.96
284740.00	4405731.00	34	525.46	522.66
288388.00	4402314.00	50	990.90	956.46
290131.00	4401875.00	50	845.46	845.45
289044.00	4409904.00	42	442.80	444.78
281702.00	4404335.00	34	383.93	386.22
288252.00	4406703.00	38	457.96	458.93
283309.00	4403236.00	50	702.13	681.71
283717.00	4404867.00	50	646.26	645.71
288786.00	4405619.00	36	436.00	439.11
284212.00	4407287.00	50	561.00	557.99
289868.00	4406276.00	50	601.63	582.43
285640.00	4404757.00	42	537.80	536.22
286494.00	4402803.00	50	516.33	513.13
286185.00	4408660.00	38	654.60	650.48
282734.00	4408236.00	44	519.60	516.45
286263.00	4407284.00	50	532.83	530.75
283710.00	4408754.00	50	627.00	621.07

Geliştirilen YSA modelleri ile Eskişehir zemini için 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m için Vs tahmini değerleri elde edilmiştir. Zeminin dinamik özelliklerinin belirlenmesi bakımından büyük önem arz eden Vs 30 değeri, Jafari ve Yapay Sinir Ağları yöntemine göre karşılaştırılmıştır (Şekil 6.107). SPT-N'e bağlı Vs değerlerinin belirlenmesinde Eskişehir zemini için en uygun yöntem Jafari olduğu belirlenmiştir. Ancak bu çalışma kapsamında geliştirilen YSA modellerinde eğitim ve test denemeleri sonucunda %94 doğrulukla Vs₃₀ değerleri belirlenebilmektedir.



Şekil 6.107. 0-30 m derinlikteki zemin için Yapay Sinir Ağları ve Jafari yaklaşımı sonucu elde edilen Vs haritaları

7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Zeminin dinamik özelliklerinden biri olan kayma dalgası hızı geoteknik çalışmalar için önemli bir parametredir. Zeminin dinamik davranışını belirlemek için gerekli olan zemin hakim periyodu, frekansı, zemin büyütme katsayısının belirlenebilmesi için zeminin kayma dalgası hızı değeri gerekmektedir. Zeminin kayma dalgası hızı değeri, arazide yapılan sismik yöntemler ile belirlenebilmektedir. Bu yöntemlerin çoğu, belirli iş gücü ve zaman alan, ayrıca ekonomik olmayan yöntemlerdir.

Son yıllarda özellikle yer bilimi mühendisliği alanlarında kullanımı ile gelişme gösteren Coğrafi Bilgi Sistemi tekniklerinde yer alan Geoistatistiksel analiz yöntemleri ile zeminin mühendislik özellikleri haritalanmaktadır. Deprem ülkesi olarak bilinen ülkemizde afet zararlarının azaltılması ve güvenli yerleşim alanlarının belirlenebilmesi için, yerleşim alanları kullanıma açılmadan önce, zeminin geo-mühendislik özellikleri değerlendirilerek, yapıların tasarımı yapılmalıdır. Bu nedenle geo-mühendislik çalışmalar kapsamında yerleşim alanları zeminin afet risk haritalarının oluşturulması gerekmektedir.

Bu zamana kadar literatürde SPT-N değerinden Vs hesabı önerilen birçok yaklaşım yer almaktadır. Ancak literatürde yer alan bu yaklaşımların çalışma alanları farklıdır ve çoğu 10 m derinlikteki zemin için elde ettiği gerçek Vs değerleri ile SPT-N değerini korele etmiştir. Bu yaklaşımlar Vs 10-30 ve Vs30 değerlerinin belirlenmesinde doğruluk göstermemektedir. Aynı zamanda çalışma alanı Eskişehir olan Dikmen'in 2009 yılında yapmış olduğu çalışmasında, 10-20m arası değişen derinliğe kadar yapılmış olan 43 SCPT ile 52 sondaj değerlerini korele ederek, SCPT'den elde ettiği Vs değerleri ile sondajlardan elde ettiği SPT-N'e bağlı Vs değerlerini karşılaştırmıştır. Dikmen bu çalışmasında, SCPT deneyinden elde ettiği yaklaşık 10-20 m derinlikte değişen Vs değerlerini kullanarak bir yaklaşım öne sürmüştür. Dikmen'in çalışmasında tüm Eskişehir zemini için 52 sondaj kullanması ve arazide SCPT deneyinden elde ettiği gerçek Vs değerlerinin derinliğinin 10-20 m arasında değişiklik göstermesi nedeniyle bu yaklaşımın, Vs 30 değerlerin belirlenmesinde kullanımının doğru olmadığını göstermektedir. Bu tez çalışma kapsamında literatürde tüm zeminler için önerilen yaklaşımlar, Eskişehir zemini için değerlendirilmiş ve CBS ve SPSS analiz

sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda Eskişehir zemini için SPT-N'den Vs hesabı önerilen en iyi yaklaşım belirlenmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında literatürde verilmiş olan ampirik yöntemler CBS'lerinde mesafenin tersi ve kriging yöntemleri ile değerlendirilerek, Eskişehir zemini için en uygun yöntemin Jafari'nin öne sürdüğü $V_s=22N^{0,85}$ olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın CBS ile değerlendirilmesi kısmında 30 m derinliğe sahip 96 adet sondaj değerleri ile 23 ayrı noktada sismik yöntemler kullanılarak bulunmuş gerçek Vs değerleri kullanılmıştır. 96 adet sondaj değerlerinden elde edilen SPT-N değerlerinin, 0-10m 10-30m ve 0-30 m derinlikteki değerlerinin ağırlıklı ortalaması alınarak SPT-N değerleri elde edilmiştir. Elde edilen tüm değerlerden literatürde verilmiş olan ampirik yöntemler kullanılarak ayrı ayrı Vs hesapları yapılmıştır. Literatürde verilmiş olan tüm yaklaşımlara göre hesaplanan Vs değerleri mesafenin tersi ve kriging yöntemine göre CBS ile haritalanmıştır ve sismik yöntemlerle elde edilen gerçek Vs değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya gerçek Vs değerleri ve NEHRP'in zemin sınıfları tablosunda verdiği değerleri de göz önüne alarak değerlendirme yapıldığında, Jafari'nin Eskişehir zemini için en uygun yaklaşım olabileceği belirlenmiştir. Yalnızca Jafari yaklaşımında Eskişehir Jeoloji Haritasında anakaya olan konumlarda, NEHRP'in de ana kaya için ön gördüğü Vs değerine ulaşılmıştır.

Çalışmanın devamında yapılan istatistiksel çalışmalar kapsamındaki gerçek Vs değerleri ve literatürde verilmiş olan tüm ampirik yaklaşımlar, SPSS analizi ile değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, sadece gerçek Vs değerleri ve Jafari ampirik yaklaşımı arasında pozitif yönde ve anlamlı bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Jafari yönteminden elde edilen Vs değerleri ile Eskişehir zeminine ait gerçek Vs değerlerinin %53 ilişkili olduğu bulunmuştur. Sosyal Bilimlerde R square'in 0,16 ve daha büyük değerlere sahip olması, yeterli görülmektedir (Tarlan ve Tütüncü, 2001). Bu nedenle bu çalışma sonucu SPSS analizinde de en iyi ilişki Jafari vd. (1997) yaklaşımı ile elde edilmiştir.

Matlab programı aracılığı ile Yapay Sinir Ağları yöntemleri kullanılarak 0-10 m, 10-30 m ve 0-30 m derinlikteki zemin tabakalarının Vs değerlerinin tahmini için YSA modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller ile 0-10 m

derinlikteki zeminler için %93, 10-30 m derinlikteki zeminler için %88 ve 0-30 m derinlikteki zeminler için %94 doğrulukla veri alınabilmekte, SPT-N'den V_s tahmini yapılabilmektedir.

Bu tez çalışmasında daha hızlı, güvenilir ve ekonomik olan alternatif hızlı değerlendirme yöntemlerinden Yapay Sinir Ağları tekniği iyi yaklaşım göstermiş ve başarıyla uygulanmıştır. Geliştirilen YSA modeli ile Eskişehir zemininde konuma dayalı V_{s30} değerleri %94 doğrulukla elde edilmiş ve SPT-N'e bağlı V_s hesabının yanı sıra yapay sinir ağları uygulamaları ile alternatif yaklaşım geliştirilmiştir.

8. KAYNAKLAR

- Abtew, W., Obeysekera, J. and Shih, G., (1993). *Spatial analysis for monthly rainfall in South Florida*, *Water Resources Bulletin*, 29; 179-188.
- Akbulut, Y. (2010). *Sosyal Bilimlerde SPSS Uygulamaları*, 1. Baskı, İdeal Kültür Yayıncılık, İstanbul.
- Akdeniz, E., Güney, Y., Pekkan, E., Avdan, U., Tün, M., Ecevitoğlu, B., (2011). *Temel Zemin Ait Jeo-Mühendislik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Değerlendirilmesi: Eskişehir İli Tepebaşı Belediyesi'ne Bağlı Güllük, Yenibağlar ve Bahçelievler Mahalleleri Örneği*, 6th International Advanced Technologies Symposium, Elazığ, Türkiye.
- Akın, M.K., Kramer, S. L.ve Topal, T. (2011). *Empirical correlations of shear wave velocity (Vs) and penetration resistance (SPT-N) for different soils in an earthquake-prone area (Erbaa-Turkey)*, *Engineering Geology*.
- Akşit, C. (2011). *Antalya ve Burdur Havzalarında Don Risk Tarihlerinin Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Altunel, E. ve Barka, A. (1998). *Eskişehir fay zonunun İnönü-Sultandere arasında neotektonik aktivitesi*. *Geological Bulletin of Turkey*, **41**(2): p. 41-52.
- Athanasopoulos, G.A. (1985). *Empirical correlations Vs-N SPT for soils of Greece: a comparative study of reliability*, Akmak, A. S. Ç. (Ed), *Proceedings of 7th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering* (Chania, Crete), *Computational Mechanics*, Southampton, p. 19-36.
- Avdan, U. ve A. Alkış (2011). *Doğal Afetlere Yönelik Bütünleşik Konumsal Veri Tabanı Modelinin Geliştirilmesi*, *Electronic Journal of Map Technologies*, 2011. **3**(1): p. 17-26.
- Bayraktar, B. (2007). *Zemin Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Mesafenin Tersine ve Kriging Yöntemiyle Kestirimi*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Beliceli, A. (2006). *Eskişehir Yerleşim Yeri Zemininin Büyütme Etkisinin Makaslama Dalgası Hızına (Vs) Bağlı Olarak Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Bol, E., Arel, E. ve Önalp, A. (2007). *Yerel Zemin Koşullarının Deprem Hasarına Etkisi-Adapazarı Örneği*. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye.
- Bolstad, P. (2005). *GIS Fundamentals*, Eider Press, Minesota, USA, p. 620 .
- Burrough, P.A. (1998). *Principles of Geographical Informations Systems for Land Resources Assesment*. Oxford University Press, 2. ed, USA, 193 s.
- Çabuk, K.M., Çabuk, A., Güney, Y., Avdan, U., Uyguçgil, H., Işık, Ö. (2011) *Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş*, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını 1. Baskı, Eskişehir.
- Çelik, S. (2004). *Zeminlerde Gerilme ve Deformasyon Özelliklerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Çömlekçi, N. (2001). *Bilimsel araştırma yöntemi ve istatistiksel anlamlılık sınamaları*, Ankara: Bilim Teknik Yayınevi.
- Dangermond, J. (1989). *Fundamentals of Geographical Informations Systems*, ASPRS and ACSM, USA, p. 222.
- Demir, H. (2006). *Küçükçekmece-Halkalı Yerleşim Bölgesinin Yerel Zemin Koşullarına Göre Depremselliğinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dere, A. (2009). *Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Sıvılaşma Analizi ve Adapazarı için Örnek Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Deutsch, C.V., ve Journal, A.G., (1992). *Geostatistical Software Library And User's Guide*, Oxford University Press, Inc., New York.
- Dikmen, Ü. (2009). *Statistical correlations of shear wave velocity and penetration resistance for soils*, Journal of Geophysics and Engineering, **6**: p. 61.
- Efe, M. Ö. ve Kaynak, O. (2000). *Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları*, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

- Fujiwara, T. (1972). *Estimation of ground movements in actual destructive earthquake*, Proceeding of Fourth European Symposium on Earthquake Engineering, London, p. 125-132.
- Fauset, L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks*. Prentice Hall, Englewood Clifs, NJ, USA.
- Göktepe, F. (2008). *Adapazarı Killerinin Sınıflandırılmasında Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Göktepe, F., Arman, H., Doğan, E., Sandalcı, M. (2009). *Yapay Sinir Ağları ile Adapazarı Killerinin Sınıflandırılmasında İstatistiksel Analiz*, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye.
- Gözler, M.Z., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H.J. (1996). *Orta Sakarya ve güneyinin jeolojisi*, MTA Raporu, 9973, 87.
- Gözler, Z., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H.J. (1997). *Orta Sakarya ve güneyinin jeolojisi*, MTA Rapor No. 9973, Ankara.
- Gündoğdu, K.S. (2004). *Sulama Proje Alanlarındaki Tabansuyu Derinliğinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi*, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2):85-95, Bursa.
- Hasancebi, N. ve Ulusay, R. (2007). *Empirical correlations between shear wave velocity and penetration resistance for ground shaking assessments*, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, **66**(2): p. 203-213.
- İmai, T. (1977). *P and S wave velocities of the ground in Japan*, Proceeding of IX International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 127-132.
- İmai, T., Fumoto, H. ve Yokota, K. (1975). *The relation of mechanical properties of soil to P and S- wave velocities in Japan*, Proceedings of 4th Japan Earthquake Engineering Sym, 89-96 (in Japanese).
- İmai, T. ve Tonouchi, K. (1982). *Correlation of N-value with S-wave velocity and shear modulus*, Proceeding of the 2nd European Symposium of Penetration Testing Amsterdam, 57-72.
- İmai, T. ve Yoshimura, Y., (1970). *Elastic Wave Velocity and Soil Properties in Soft Soil*, Tsuchito-Kito, **18** (1): 17-22, (in Japanese).

- İnal, C., Turgut, B. ve Yiğit, C. Ö. (2002). *Lokal Alanlarda Jeoit Ondülasyonlarının Belirlenmesinde Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması*, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Konya.
- İnal, C. ve Yiğit, C. Ö., (2003). *Jeodezik uygulamalarda kriging enterpolasyon yönteminin kullanılabilirliği, TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, Konya, 24-26 Eylül, s.177-185.
- Isaaks, E.H. ve Srivastava, R. M. (1989). *Applied geostatistics*. Vol. 2., Oxford University Press, New York.
- Iyisan, R. (1996). *Correlations between shear wave velocity and in-situ penetrations test results*, Chamber of Civil Engineers of Turkey, Technical Journal 7, p. 1187-1199
- İyisan, R. (1996). *Zeminlerde Kayma Dalgası Hızı İle Penetrasyon Deney Sonuçları Arasındaki Bağıntılar*. İMO Teknik Dergi, 1996. **Yazı 89**(1187-1199).
- Jafari, M. K., Asghari, A ve Rahmani, I. (1997). *Empricial correlation between shear wave velocity (Vs) and SPT-N value for south of Tehran soils*, In: Proceedings of the 4th International Conference on Civil Engineering, Tehran, Iran.
- Jinan, Z. (1987). *Correlation beetween seismic wave velocity and number of blow of SPT and depth*, Selected Papers from the Chinese Journal of Geotechnical Engineering, p. 92-100.
- Karagöz, Y. ve Ekici, S. (2004). “*Sosyal Bilimlerde Yapılan Uygulamalı Arastırmalarda Kullanılan İstatistiksel Teknikler ve Ölçekler*”, Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt: 5, Sayı:1, Sivas.
- Kanai, K. (1966). *Conf. on Cone Penetrometer The Ministry of Public Works and Settelement (Ankara, Turkey), (presented by Y Sakai, 1968)*.
- Karasu, M.E. (2009). *Bakırköy İlçesi’ nin Mikrobölgelemesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kiku, H., Yoshida, N., Yasuda, S., Irisawa, T., Nakazawa, H., Shimizu, Y., Ansal, A. ve Erkan, A. (2001). *In-situ penetration tests an soil profiling in*

- Adapazari, Turkey, Proceeding af the ICSMGE/TC4 Stallite Conference on Lessons Learned From Recent Strong Earthquakes, p. 259-265.*
- Kleijnen, J. (2006). Design Analysis of Monte Carlo Experiments, <http://www.quantlet.com/mdsat/scripts/csa/html/node139.html> (Son erişim tarihi 10.09.2012)
- Koçyiğit, A. (2005). *Türkiye ve yakın çevresinin neotektonik bölümlenmesi: Güneybatı Türkiye’de neotektonik rejimin gelişim tarihçesi, çok yönlü genişleme ve deprem tehlikesi, Eskişehir Fay Zonu ve İlişkili Sistemlerin Depremselliği Çalıştayı, Genişletilmiş Bildiri Özleri Kitabı. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir: p. 1-2.*
- Kolat, C., Ulusay, R., ve Suzen, M. L. (2012). *Development of geotechnical microzonation model for Yenisehir (Bursa, Turkey) located at a seismically active region, Engineering Geology.*
- Köklü, N., Büyüköztürk, Ş. ve Bökeoğlu, Ö. Ç. (2007). *Sosyal Bilimler İçin İstatistik, Pegem A Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara.*
- Köktürk, E. (2003). *Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ne Değildir? Coğrafi Bilgi Sistemi ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, SÜ Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Böl. ve Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK).*
- Longley, A.P., Goodchild M. F., Maguire, D. J. ve Rhind, D. W. (2001). *Geographic Information Systems and Science John Wiley&Sons, Ltd. England, p. 540.*
- Martensson, S. G. (2002). *Height Determination By GPS Accuracy with Respect to Different Geoid Models in Sweden, FIG XXII International Congress, Washington DC USA.*
- Morova, N. (2006). *Kent Bilgi Sistemi ve Uygulaması: Atabey Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.*
- Mutlu, S. (2012). *Sismik Kırılma Yöntemi ve Mikrotremör Ölçümlerinden Elde Edilen Dinamik Zemin Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Haritalanması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.*

- Ohba, S. ve Toriumi, I. (1970). *Dynamic response characteristics of Osaka Plain*, In: Proceedings of the annual meeting AIJ (in Japanese).
- Ohsaki, Y. ve İwasaki, R. (1973). *On dynamic shear moduli and Poisson's ratio of soil deposits*, Soil Found 13 1973: p. 61-73.
- Ohta, Y. ve Goto, N. (1978). *Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristics soil indexes*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics 6, p. 167-187.
- Orhan, A. (2005). *Eskişehir İl Merkezi Güney Bölümü Temel Zemin Birimlerinin Jeo-Mühendislik Özellikleri ve Coğrafi Bilgi Sisteminin Uygulanması*, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Önalp, A. ve Arel, E. (2011). *Geoteknik Mühendisliğinde Yapay Sinir Ağı Uygulamaları ve Bir Örnek: Zemin Profilinin Tahmin Edilmesi*. İTÜ Dergisi/d, **10**(4).
- Özmen, B. ve Nurlu, M. (1999). *Deprem Bölgeleri Haritası İle İlgili Bazı Bilgiler*. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni, Sayı: 99/2-3, sayfa 32-35, Ankara 1999.
- Özmen, B., Nurlu, M. ve Güler, H. (1997). *Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Pebesma, E.J., (1996). *Mapping Groundwater Quality in the Netherlands*, PhD Dissertatation, University of Utrecht.
- Reis, S. (2003). *Çevresel Planlamalara Altlık Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması: Trabzon İl Bilgi Sistemi (TİBİS) Modeli*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Saraçbaşı, T. ve Kutsal, A. (1987). *Betimsel istatistik*. Ankara: H.Ü. Fen Fakültesi Yay. Ders Kitapları Dizisi: 17.
- Seed, H.B. ve Idriss, I. M. (1981). *Evaluation of liquefaction potential sand deposits based on observation of performance in previous earthquakes*, ASCE National Convention (MO), p. 481-544.

- Seven, S. (2008). *Eskişehir İli Tepebaşı Bölgesinin Temel Zemin Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Sivrikaya, O. ve Toğrol, E. (2007). *Türkiye’de SPT-N Değeri ile İnce Daneli Zeminlerin Drenajsız Kayma Mukavemeti Arasındaki İlişkiler*, İMO Teknik Dergisi, p. 4229-4246.
- Sivrikaya, O. ve Toğrol, E. (2010). *İnce daneli zeminlerde SPT sonuçlarının düzeltilmesi üzerine bir çalışm.,. İTÜ Dergisi/d*, 2(6).
- Sommer, S. ve Wade., T. (2006). *A to Z GIS, An illustrated dictionary og geographic information systems* Esri Press, California, p. 245.
- Soycan, Y.T. (2008). *Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ile Kompaksiyon Parametrelerinin Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Şişman, H. (1995). *Sismik Dalga Hızları ile SPT ve Pressiometre Deney Sonuçları Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Terzaghi, K. ve Peck, R.B. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Praticce*, John Wiley and Sons Inc., N.Y.
- Tokay, F. ve Altunel, E. (2005). *Eskişehir fay zonunun İnönü-Dodurga çevresinde neotektonik özellikleri*, MTA Dergisi, 130/1-16.
- Tosun, H. ve Orhan, A. (2007). *Coğrafi Bilgi Sistemi Programlarının Temel Zemininin Jeo-Mühendislik Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanımı: Eskişehir Örneği*. ESOGÜ Müh. Mim. Fakültesi Dergisi, Eskişehir, 20(2007/2): p. 43-64.
- Tosun, H., Türköz, M., Orhan, A. ve Çamdalı, B. (2001). *Meşelik Killerinin Geoteknik Özellikleri*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Fonu, Rapor No:1999-15015, Eskişehir.
- Tün, M. (2003). *Eskişehir Zemininin Makaslama Dalga Hızı (Vs) Değişimine Bağlı Özelliklerinin İncelenmesi ve Doğal Titreşim Periyodunun (To) Bulunması*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Türkiye Cumhuriyeti Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Esaslar.*
- Uyar, O. (2006). *Kayma Dalgası Hızı ile Basitleştirilmiş Prosedüre Bağlı Karşılaştırmalı Olarak Sıvılaşma Direnç Değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Uygunoğlu, T. ve Yurtçu, Ş. (2006). *Yapay Zeka Tekniklerinin İnşaat Mühendisliği Problemlerinde Kullanımı*, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, p. 61-70.
- Wylie, B.K., Shafter, M.J., Brodahl, M.K., Dubois, D. ve Wagner, D.G. (1994). *Predicting Spatial Distributions of Nitrate Leaching in Northeastern Colorado*, Journal of Soil and Water Conservation, 49:288-293.
- Yaprak, S. (2007). *Kriging Yönteminin Geoit Yüzeyi Modellemesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Varolan Yöntemlerle Karşılaştırılması*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yaprak, S. ve Arslan, E. (2011). *Kriging yönteminin geoit modellemesinde kullanılabilirliğinin araştırılması*, İTÜ Dergisi/d, 7(3).
- Yıldız, H. (2008). *İstanbul'da Sondaj Kuyularında PS Logging Yöntemi ile Ölçülen Kayma Dalgası Hızının SPT-N ile Değişimi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yiğit, C. Ö. (2003). *Elipsoidal yüksekliklerin Ortometrik yüksekliğe dönüşümünde kullanılan enterpolasyon yöntemleri*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yomralıoğlu, T. (2000). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, Birinci Baskı, Seçil Ofset, İstanbul, p. 479 .
- URL 1: http://www.baskent.edu.tr/~matemel/courses/deney_tasarimi.pdf

EK 1. Tüm Ampirik Yaklaşımların SPSS Analiz Sonuçları

1. Kanai Analiz Sonuçları

		Vs30	Kanai
Vs30	Pearson Correlation	1	.243
	Sig. (2-tailed)		.264
	N	23	23
Kanai	Pearson Correlation	.243	1
	Sig. (2-tailed)	.264	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.243(a)	.059	.014	150.19794

a Predictors: (Constant), Kanai

2. Imai ve Yoshimura Analiz Sonuçları

		Vs30	Imai ve Yoshimura
Vs30	Pearson Correlation	1	.238
	Sig. (2-tailed)		.274
	N	23	23
Imai ve Yoshimura (1970)	Pearson Correlation	.238	1
	Sig. (2-tailed)	.274	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.238(a)	.057	.012	150.37692

a Predictors: (Constant), Imai ve Yoshimura

3. Ohba ve Toriumi Analiz Sonuçları

		Vs30	Ohba ve Toriumi
Vs30	Pearson Correlation	1	.251
	Sig. (2-tailed)		.248
	N	23	23
Ohba ve Toriumi	Pearson Correlation	.251	1
	Sig. (2-tailed)	.248	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.251(a)	.063	.018	149.88587

a Predictors: (Constant), Ohba ve Toriumi

4. Fujiwara Analiz Sonuçları

		Vs30	Fujiwara
Vs30	Pearson Correlation	1	.264
	Sig. (2-tailed)		.224
	N	23	23
Fujiwara	Pearson Correlation	.264	1
	Sig. (2-tailed)	.224	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.264(a)	.070	.025	149.34466

a Predictors: (Constant), Fujiwara

5. Ohsaki ve Iwasaki (1973) Analiz Sonuçları

		Vs30	Ohsaki ve Iwasaki
Vs30	Pearson Correlation	1	.245
	Sig. (2-tailed)		.260
	N	23	23
Ohsaki ve Iwasaki	Pearson Correlation	.245	1
	Sig. (2-tailed)	.260	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.245(a)	.060	.015	150.12433

a Predictors: (Constant), Ohsaki ve Iwasaki

6. Imai vd. (1975) Analiz Sonuçları

		VAR00001	VAR00002
Vs30	Pearson Correlation	1	.370
	Sig. (2-tailed)		.082
	N	23	23
Imai vd. (1975)	Pearson Correlation	.370	1
	Sig. (2-tailed)	.082	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.370(a)	.137	.096	111.60891

a Predictors: (Constant), Imai vd. (1975)

7. Imai (1977) Analiz Sonuçları

		Vs30	Imai (1977)
Vs30	Pearson Correlation	1	.473(*)
	Sig. (2-tailed)		.023
	N	23	23
Imai	Pearson Correlation	.473(*)	1
	Sig. (2-tailed)	.023	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.473(a)	.224	.187	136.44035

a Predictors: (Constant), Imai (1977)

8. Ohto ve Goto (1978) Analiz Sonuçları

		Vs30	Ohta ve Goto
Vs30	Pearson Correlation	1	.239
	Sig. (2-tailed)		.273
	N	23	23
Ohto ve Goto	Pearson Correlation	.239	1
	Sig. (2-tailed)	.273	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.239(a)	.057	.012	150.36145

a Predictors: (Constant), Ohto ve Goto

9. Seed ve Idriss (1981) Analiz Sonuçları

		Vs30	Seed ve Idriss
Vs30	Pearson Correlation	1	.243
	Sig. (2-tailed)		.263
	N	23	23
Seed ve Idriss	Pearson Correlation	.243	1
	Sig. (2-tailed)	.263	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.243(a)	.059	.014	150.17996

a Predictors: (Constant), Seed ve Idriss

10. Jinan (1987) Analiz Sonuçları

		Vs30	Jinan
Vs30	Pearson Correlation	1	.235
	Sig. (2-tailed)		.279
	N	23	23
Jinan	Pearson Correlation	.235	1
	Sig. (2-tailed)	.279	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.235(a)	.055	.010	150.48326

a Predictors: (Constant), Jinan

11. Athanasopoulos (1995) Analiz Sonuçları

		Vs30	Athanasopoulos
Vs30	Pearson Correlation	1	.559(**)
	Sig. (2-tailed)		.006
	N	23	23
Athanasopoulos	Pearson Correlation	.559(**)	1
	Sig. (2-tailed)	.006	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.559(a)	.312	.280	128.39324

a Predictors: (Constant), Athanasopoulos

12. Şişman (1995) Analiz Sonuçları

		Vs30	Sisman
Vs30	Pearson Correlation	1	.242
	Sig. (2-tailed)		.266
	N	23	23
Sisman	Pearson Correlation	.242	1
	Sig. (2-tailed)	.266	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.242(a)	.058	.014	150.24448

a Predictors: (Constant), Sisman

13. İyisan (1996) Analiz Sonuçları

		Vs30	Iyisan
Vs30	Pearson Correlation	1	.384
	Sig. (2-tailed)		.071
	N	23	23
Iyisan	Pearson Correlation	.384	1
	Sig. (2-tailed)	.071	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.384(a)	.147	.107	142.99332

a Predictors: (Constant), Iyisan

14. Jafari vd. (1997) Analiz Sonuçları

		Vs 30	Jafari
Vs 30	Pearson Correlation	1	.728(**)
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	23	23
Jafari	Pearson Correlation	.728(**)	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.728(a)	.530	.507	106.16823

a Predictors: (Constant), Jafari

15.Kiku vd. (2001) Analiz Sonuçları

		Vs30	Kiku vd.
Vs30	Pearson Correlation	1	.244
	Sig. (2-tailed)		.261
	N	23	23
Kiku	Pearson Correlation	.244	1
	Sig. (2-tailed)	.261	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.244(a)	.060	.015	150.14799

a Predictors: (Constant), Kiku vd.

16.Hasancebeci ve Ulusay (2007) Analiz Sonuçları

		Vs30	Hasancebeci ve Ulusay
Vs30	Pearson Correlation	1	.474(*)
	Sig. (2-tailed)		.022
	N	23	23
Hasancebeci-Ulusay	Pearson Correlation	.474(*)	1
	Sig. (2-tailed)	.022	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.474(a)	.225	.188	136.35314

a Predictors: (Constant), Hasancebeci ve Ulusay

17.Dikmen (2009) Analiz Sonuçları

		Vs30	Dikmen
Vs30	Pearson Correlation	1	.224
	Sig. (2-tailed)		.305
	N	23	23
Dikmen	Pearson Correlation	.224	1
	Sig. (2-tailed)	.305	
	N	23	23

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.224(a)	.050	.005	150.91569

a Predictors: (Constant), Dikmen